

УДК 628.35-574.24.044

**А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ МОРСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ РЫБОВОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Рассмотрены методы подготовки морской воды для рыбоводных предприятий, выявлены их достоинства и недостатки. Установлено, что фильтрация является первой и необходимой стадией подготовки морской воды, целью которой является удаление крупных загрязнений, таких как песок, микроводоросли, нефтепродукты и другие примеси. Определены три стадии процесса фильтрования и факторы, определяющие эффективность фильтрации морской воды.*

**Ключевые слова:** методы, морская вода, подготовка, рыбоводные предприятия, анализ, факторы, стадии.

**A.I. Fedorova, S.D. Ugryumova**

### **THE COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF PREPARATION OF SEA WATER FOR THE FISH-BREEDING ENTERPRISES**

*The methods preparation of sea water for the fish-breeding enterprises are considered, their merits and demerits are revealed. It is set that filtering is the first and necessary stage of preparation of the sea water which purpose is deleting large pollution, such as sand, microseaweed, oil products and other impurity. Three stages of process of filtering and the factors defining efficiency of filtering sea water are defined.*

**Key words:** methods, sea water, preparation, fish-breeding enterprises, analysis, factors, stages.

На предприятиях, занимающихся выращиванием гидробионтов, метод или совокупность методов подготовки морской воды выбирают на основе изучения свойств исходной воды (морская вода – агрессивная среда), характера и вредности примесей, представляющим собой взвешенное (грубодисперсное), коллоидное и растворенное состояние [2].

Среди основных методов подготовки морской воды, используемых на рыбоводных предприятиях, можно выделить: механические; физико-химические и биологические методы (рисунок).

Физико-химические методы подготовки морской воды высокоэффективны, легко справляются с большим количеством примесей и вредных веществ, имеющих значительный диапазон концентрации примесей [4].

Применение методов обессоливания не может быть принято на рыбоводном предприятии по следующим причинам: 1) искусственное получение пресной воды в настоящее время обходится гораздо дороже, чем ее получение из природных источников; 2) влияние обессоленной воды на гидробионты и организм человека до конца не изучено; 3) сброс громадного количества солей в акваторию близ предприятия нарушает устойчивую экологическую обстановку; 4) необходимость тщательной предподготовки; 5) большие капитальные и энергозатраты и др. [1].

Целью химического обеззараживания, УФ-стерилизации и стерилизации ультразвуком является подавление жизнедеятельности содержащихся в морской воде болезнетворных микроорганизмов.



Методы подготовки морской воды для рыбоводных предприятий  
 Methods of preparation of sea water for the fish-breeding enterprises

Под химическим обеззараживанием морской воды понимается отстаивание с предварительной коагуляцией при помощи химических реагентов (коагулянтов, флокулянтов), образующих хлопья гидроокисей, которые при осаждении захватывают взвешенные примеси в морской воде [2].

Достоинством химического обеззараживания является высокая эффективность обеззараживания. Однако этот метод подготовки морской воды имеет следующие недостатки: 1) дополнительные затраты на химические реагенты; 2) использование химических реагентов не благотворно влияет на морские гидробионты; 3) при химическом обеззараживании в морской воде остаются детриты и флокулы; 4) эффективность метода может заметно снижаться без последующей грубой и тонкой фильтрации.

Под абсорбцией понимается процесс пропускания морской воды через слой активированного угля, поскольку он является отличным абсорбентом. Однако активированный уголь на предприятиях используется довольно редко по причине высокой стоимости. В качестве абсорбента для морской воды подходят цеолиты [5]. Недостатками абсорбентов являются: 1) периодическая необходимость регенерации или замены; 2) эффективность очистки напрямую зависит от конструкции фильтра.

УФ-стерилизация и стерилизация ультразвуком довольно эффективно стерилизуют морскую воду. Доза облучения не менее 30 мДж/см<sup>2</sup>. Для полной стерилизации достаточно пяти минут. Однако при использовании этих методов, как и в случае химического обеззараживания, эти методы имеют следующие недостатки: 1) в морской воде остаются детриты; 2) эффективность методов может заметно снижаться без последующей грубой и тонкой фильтрации.

При подготовке морской воды биологические методы используются в случае, когда возникает необходимость снижения уровня азотсодержащих веществ до нетоксичного уровня: нитратов (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) до 0,05-10,0 мг/л, нитритов (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) до 0-0,04 мг/л и аммонийных солей (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) до 0,0-0,10 мг/л.

Под процессом биологической фильтрации понимается преобразование токсичного для гидробионтов аммиака в нетоксичные нитраты естественным путем, при помощи аэробных бактерий (нитрифицирующих), жизнедеятельность которых невозможна без кислорода.

Достоинствами данного метода являются: 1) естественность процесса; 2) способность долгое время сохранять пригодные условия для жизнедеятельности микроорганизмов. К недостаткам биологической фильтрации относятся: 1) необходимо время развития в биофильтре популяции аэробных бактерий нужного вида и количества; 2) работа биологического фильтра должна быть постоянного действия, поскольку при прекращении поступления морской воды хотя бы на 1,5-2 ч нарушается обеспечение аэробных бактерий воздухом, что приводит к их гибели; 3) при биофильтрации не допускается накопление детрита, поскольку он приводит к гибели гидробионтов; 4) работа биологического фильтра неприемлема без предварительной механической очистки морской воды; 5) в процессе работы биофильтра происходит накопление нитратов до критической концентрации и возникает необходимость их снижения при помощи денитрификации.

Под процессом денитрификации понимается микробиологический процесс разрушения азотсодержащих соединений с образованием молекулярного азота, выделяющегося в атмосферу при помощи анаэробных бактерий (денитрифицирующих). К недостаткам процесса денитрификации относятся: 1) для осуществления процесса необходимы затраты большого количества времени (1-3 месяцев) для точной настройки денитрификатора, обеспечивающего прохождение процессов восстановления; 2) даже самый точно настроенный и оптимально работающий денитрификатор легко дает сбой при изменениях состава морской воды. И тогда все настройки приходится выполнять заново; 3) невозможность или затрудненность прямого выноса метаболитированного нитрата из воды.

Сущность механических методов заключается в том, что из морской воды путем сепарации, центрифугирования, отстаивания или фильтрования удаляются механические примеси. Механическая очистка позволяет выделять из подготавливаемой морской воды до 85 % взвешенных механических примесей. Достоинство механических методов подготовки морской воды заключается в возможности применения их при нормальной температуре и без добавления химических реагентов [3].

Сравнительный анализ энергетических затрат на различные методы подготовки морской воды рыбоводными предприятиями представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Энергетические затраты на подготовку морской воды [1, 2]**

Table 1

**Energy costs preparation sea-water**

№ п/п	Методы подготовки морской воды	Энергетические затраты	
		кВт·ч/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>
1	<b>Физико-химические:</b>	-	-
	- обессоливание;	4,17-55,6	15-200
	- химическое обеззараживание;	2,78-3,69	10-50
	- абсорбция;	3,3-5,5	12-20
	- УФ-стерилизация;	4,17-5,56	15-20
	- стерилизация ультразвуком	2,78-6,94	10-25
2	<b>Механические:</b>	-	-
	- отстаивание;	1-10	3,6-36
	- сепарирование;	2-30	7,2-108
	- центрифугирование;	2-30	7,2-108
	- фильтрование	1,5-27,7	5,4-100
3	<b>Биологические:</b>	-	-
	- биологическая фильтрация;	1,5-24	5,4-86,4
	- денитрификация	1,5-35	5,4-126

Для разделения морской воды и механических примесей на рыбоводных предприятиях применяются аппараты с центробежным полем действия: неподвижные (сепараторы, гидроциклоны) и приводные (центрифуги).

Вращение морской воды в сепараторах и гидроциклонах осуществляется за счет тангенциального входа потока морской воды в аппарат, т.е. по касательной к окружности. Сепараторы (гидроциклоны) и центрифуги имеют простую надежную конструкцию и высокую эффективность, просты в сборке и обладают чрезвычайно длительным сроком службы, однако их принципиальным недостатком является низкое качество разделения, что сводит к минимуму все имеющиеся преимущества [2, 5].

Под отстаиванием морской воды понимают процесс выделения из нее под действием гравитационных сил взвешенных веществ (механических примесей). Механические примеси с плотностью, большей плотности морской воды, движутся вниз (осаждаются), а с меньшей – вверх (всплывают).

Отстаивание является самым простым, наименее энергоемким и дешевым методом (не требуется сторонних затрат) выделения из морской воды механических примесей с плотностью, отличной от плотности морской воды. Недостатками этого метода являются: 1) достаточно низкая степень очистки морской воды; 2) крупные габариты; 3) отстаивание является процессом подготовки морской воды; 4) потери времени.

Фильтрация является первой и необходимой стадией подготовки морской воды. Целью фильтрации морской воды является удаление крупных загрязнений, таких, как песок, микроводоросли, нефтепродукты и другие примеси. Для задач производственной очистки морской воды применяются следующие основные типы фильтров: сетчатые фильтры (грязевики); тканые фильтры; дисковые фильтры и насыпные фильтры [2, 3].

Сетчатые фильтры (грязевики) используются для безреагентной очистки морской воды от механических взвесей, путем пропускания воды через сетку с размером ячеек от 20 до 500 мкм (в зависимости от степени загрязнения морской воды). Они также делятся на подтипы: самопромывные (очистка сетки противотоком); непромывные, или грязевики (чтобы произвести их очистку, нужно разобрать фильтр и почистить сетку вручную).

Достоинством сетчатых фильтров является: 1) простота в использовании; 2) могут работать при низком рабочем давлении. Однако не так просто осуществить очистку сетки от накопившихся загрязнений; для большинства рыбоводных предприятий считаются морально устаревшими.

Тканые фильтры представляют собой цилиндр, на который намотан специальный жгут или веревка. Значительным недостатком тканых фильтров является регулярная необходимость замены картриджей тонкой очистки, связанных с их непродолжительным сроком службы.

Дисковые фильтры очистки морской воды относятся к классу механических фильтров, назначением которых является удаление из воды крупных механических примесей размером свыше 20-50 микрон. Фильтрующим элементом этих фильтров является пакет специальных дисков, изготовленных из полимерных материалов. К достоинствам дисковых фильтров относятся: 1) высокая производительность; 2) легко промываются вручную или автоматически; 3) полностью восстанавливают свою фильтрующую способность. Однако их существенным недостатком является сравнительно низкая грязеемкость, поэтому при сильном загрязнении морской воды или большой производительности они требуют частой промывки.

Одним из наиболее современных способов подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях является ее фильтрование через слои зернистых фильтрующих материалов с различными гранулометрическими, физико-химическими и сорбционными свойствами.

Насыпные фильтры с зернистой загрузкой имеют простую и надежную конструкцию, устойчивы к агрессивным условиям эксплуатации, эффективно очищают морскую воду от механических примесей при относительно небольшом давлении.

Процесс фильтрования условно разбивается на три стадии: перенос частиц из потока морской воды на поверхность фильтрующего материала; закрепление частиц на зернах и в щелях между ними; отрыв закрепленных частиц с переходом их обратно в поток воды.

Эффективность процесса фильтрования морской воды зависит от физико-химических свойств механических примесей, фильтрующей загрузки и гидродинамических факторов. В толщине загрузки происходит накопление загрязнений, уменьшается свободный объем пор и возрастает гидравлическое сопротивление загрузки, что приводит к росту потерь напора в загрузке.

Регенерация насыпных фильтров происходит методом обратной промывки водой. Ориентировочный срок эксплуатации одной зернистой загрузки составляет 3-5 лет, что значительно выше, чем при использовании картриджей, которые необходимо менять каждые 3-5 месяца [4].

В табл. 2 приведена техническая характеристика рассмотренных типов фильтров.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика фильтров для подготовки морской воды**

Table 2

**The comparative characteristic of filters for preparation of sea water**

№ п/п	Технические характеристики	Типы фильтров			
		Сетчатые	Тканые	Дисковые	Насыпные
1	Номинальная производительность, м <sup>3</sup> /ч:				
	минимальная	20	10	20	20
	максимальная	1100	100	50	1000
2	Давление морской воды на входе, атм.:				
	минимальное	1	1	5	1
	максимальное	40	10	150	100
3	Максимальная температура	95	90	40	90
4	Поверхность фильтрования, м <sup>2</sup>	1,7	3·10 <sup>-2</sup>	40,4·10 <sup>-3</sup>	2
5	Степень фильтрации, мкм:				
	минимальная	10	1	5	1·10 <sup>-3</sup>
	максимальная	3000	5	500	100
6	Фильтрующий элемент	Сетка	Картридж с фильтр. тканью	Диски	Зернистый материал
7	Стоимость фильтрующего элемента	404-455\$ за шт.	30-115€ за шт.	100-325€ за шт.	0-30 руб./кг
8	Необходимость регенерации или замены фильтроэлемента, мес:				
	минимум	2	3	1	72
	максимум	3	5	3	120

Анализ известных конструкций фильтров позволил сделать вывод, что насыпные фильтры наиболее экономичны, имеют значительный ресурс эксплуатации, просты в обслуживании, имеют фильтрующую загрузку, способную длительное время работать без регенерации.

Все эти особенности обуславливают использование насыпных фильтров для малых рыбо-водных предприятий.

Получено положительное решение на полезную модель (№ рег. 2013149736), что подтверждает правильность выводов о приоритетности зернистых загрузок при подготовке морской воды.

### Список литературы

1. Акимов С.С. Перспективы водопотребления береговыми предприятиями рыбной отрасли / С.С. Акимов, С.А. Лоншаков, А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова // Научн. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Т. 23. – С. 187-190.

2. Угрюмова С.Д. Обработка природных вод для рыбохозяйственных нужд / С.Д. Угрюмова, Э.А. Врищ, А.И. Федорова // Актуальные вопросы современной техники и технологии. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Т. 1. – С. 231-233.

3. Угрюмова С.Д. Физические особенности процесса фильтрования морской и пресной воды через насыпные перегородки / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова, С.А. Лоншаков // Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания: Материалы 54-й Всерос. науч. конф. – Владивосток: ТОВМИ им. С.О. Макарова ВУНЦ «ВМА», 2011. – Т. 3. – С. 193-196.

4. Федорова А.И. Факторы, влияющие на пропускную способность фильтра при зернистой загрузке / А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова // Инновации и современные технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – С. 289-294.

5. ГBT 550/2013. Разработка проектного решения оптимальных конструкций насыпных фильтрующих устройств и совершенствование линий для подготовки морской воды на рыбо-водных и рыбоперерабатывающих предприятиях / С.Д. Угрюмова, А.Н. Виктор, А.И. Федорова, М.О. Зеленкова. – Владивосток: Дальрыбвтуз. – 150 с.

**Сведения об авторах:** Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;  
Федорова Александра Игоревна, аспирант.