

РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КЕФАЛЕВЫХ И КАМБАЛОВЫХ РЫБ

П.В. Шекк

Одесский государственный экологический университет,
г. Одесса, Украина

RECYCLING SYSTEM FOR CULTURING AND MULLET FLATFISHES

P.Shekk

Odessa state environmental university,
Odessa, Ukraine

Реферат. При разработке методов искусственного воспроизводства кефалевых (лобан – *Mugil cephalus*; сингиль – *Liza auratus*; пиленгас – *L. haematocheilus*) и камбаловых (черноморский калкан – *Psetta maeotica* и глосса – *Platichthys luscus*) рыб, было установлено, что эмбрионы, предличинки и личинки этих видов чрезвычайно чувствительны к условиям среды. Не менее актуальна задача – оптимизация условий содержания производителей кефалевых и камбаловых рыб в период их резервации, прединъекционного выдерживания и созревания.

При разработке биотехнологии массового воспроизводства морских рыб, для оптимизации условий культивирования были разработаны и запущены в производство два типа промышленных рециркуляционных рыбоводных установок разного функционального назначения: для резервации и прединъекционного содержания производителей и для инкубации икры и выращивания личинок.

Оценка работы рециркуляционных систем разной конструкции показала, что наиболее эффективной оказалась установка оснащенная полупогружным вращающимся дисковым биофильтром, которая и послужила прототипом промышленных установок. Разработанная конструкция обеспечивала высокую производительность и надежность технологии искусственного воспроизводства кефалевых и камбаловых рыб на всех этапах культивирования.

Ключевые слова: кефалевые, камбаловые, рециркуляционные системы, конструкция, эффективность работы.

Abstract. In developing methods of artificial reproduction mullets (*Mugil cephalus*; *Liza auratus*; *L. haematocheilus*) and flounder (*Psetta maeotica* *Platichthys luscus*) fish, it was found that embryos and larvae rearview these species

are extremely sensitive to environmental conditions. No less urgent task – to optimize the conditions of the producers mullets and flatfishes in the period of reservation, maintaining before injections aging and maturing. In the development of biotechnology mass reproduction of marine fish, in order to optimize the culture conditions have been developed and put into production two types of industrial recirculation aquaculture systems of different functional purpose: reservations and maintaining before injections producers and for the incubation of eggs and rearing of larvae.

Assessment of the work of the recirculation systems of different designs showed that the most effective was the semi-submersible rig equipped with a rotating disk bacteria bed, which served as the prototype for industrial installations. Developed by design to deliver high performance and reliability of the technology of artificial reproduction mullets and flatfishes in all stages of cultivation.

Key words: mullets, flatfish, recirculation systems, the design, operational efficiency.

Одна из основных проблем, которые возникают при промышленном культивировании кефалевых: (лобана – *Mugil cephalus*; сингиля – *Liza auratus* и пиленгаса – *L. haematocheilus Temminck*) и камбаловых: (черноморского калкана – *Psetta maeotica* и глоссы – *Platichthys luscus*) рыб, – необходимость оптимизации условий выращивания и поддержания их на стабильном уровне в течение раннего онтогенеза (обычно до завершения метаморфоза). В этот период эмбрионы и личинки морских рыб наиболее требовательны к условиям среды, в связи, с чем к качеству воды предъявляются особые требования.

Для решения этой задачи при искусственном воспроизводстве кефалевых и камбаловых рыб неоднократно предпринимались попытки использования установок с замкнутым циклом водообеспечения. Перспективность таких работ была очевидна, но предлагаемые конструкции рециркуляционных систем не обеспечивали поддержание необходимых параметров среды, а сами установки являлись экспериментальными образцами, не пригодными для промышленного использования.

При разработке методов культивирования морских рыб перед нами стояла задача: разработать конструкцию промышленной установки с замкнутым циклом водоснабжения, способную обеспечить и долгосрочно

поддерживать оптимальные условия среды необходимые для культивирования кефалевых и камбаловых рыб в раннем онтогенезе.

Конструкция и эффективность работы рециркуляционных систем

Испытывалось несколько различных образцов экспериментальных установок с оборотным водоснабжением. Рециркуляционная система (РС) № 1 включала: выростной бассейн из стеклопластика объемом 6 м³ и блок очистки и регенерации воды. Механическим фильтром служил пластиковый лоток со сменными кассетами из нержавеющей сетки с фильтрующим материалом (стеклоткань, синтепон). Очищенная от механических примесей вода поступала на фильтр биологической очистки – контейнер с вертикально расположенными кассетами, заполненными измельченными раковинами устриц, гравием и известняком. После биофильтра вода подавалась в теплообменник. Заданный температурный режим обеспечивала система автоматической регуляции температуры. Бактерицидную обработку обеспечивал ультрафиолетовый облучатель. Очищенная вода подавалась в рыбоводные бассейны через крайзели, которые снижали скорости потока, насыщали воду кислородом и удаляли растворенное органическое вещество.

Прототипом данного контура послужила система, разработанная в США [1], – крайзели, работающие по принципу эрлифта, были изготовлены согласно рекомендациям Нэш и Шехадех [2], а состав наполнителя биофильтра был близок к запатентованному ранее [3].

Как показали проведенные исследования, РС № 1 имела ряд недостатков: слабую механическую очистку воды, сложное обслуживание, ограниченную проточность, малый рабочий объем.

В экспериментальной РС № 2 был использован иной тип биофильтра, и принцип механической очистки, чем в РС № 1.

Система включала два стеклопластиковых бассейна объемом по 3 м³ каждый, из которых загрязненная вода подавалась в средний отсек биофильтра – стеклопластиковый лоток с шестью фильтрующими кассетами

заполненными смесью песка, гравия, битых створок моллюсков, керамическим субстратом и полиэтиленовыми гранулами. Наполнитель был помещен в мешки из мельничного газа, что позволяло легко промывать его по мере засорения. В последнем отсеке фильтра вода аэрировалась. Систем была оборудована блоком автоматической регуляции температуры. Вода в экспериментальной системе № 2 проходила трехкратную механическую и биологическую очистку и обеззараживание с помощью озона. Как дополнительный денитрофикатор в секциях фильтра, покрытых специальным светофильтром для создания благоприятного светового спектра, использовали бурую водоросль филофору, что в комбинации с механическим и биологическим фильтром обеспечивало высокую эффективность очистки воды от биогенных элементов. Вместе с тем, установка была сложна в обслуживании и имела малый рабочий объем выростных бассейнов.

По этой причине в состав экспериментальной системы № 3 было включено пять пластиковых рыбоводных бассейнов общим объемом 20 м³. Загрязненная вода подавалась на кассетный механический фильтр с загрузкой из песка и измельченных створок моллюсков и известняка, который одновременно выполнял функцию теплообменника. Здесь, также, осуществлялось пенное фракционирование и аэрация воды. После механической очистки вода поступала на биофильтр, представлявший собой пластиковую ёмкость, в которой на фторопластовых подшипниках был установлен вал с закрепленными на нем винипластовыми пластинами. Барабан биофильтра приводился в движение электродвигателем с помощью редуктора и шестеренчатой передачи. После биологической очистки и бактерицидной обработки воду подавали в рыбоводные бассейны. Объем водоподачи регулировался кранами.

Эта система была более простой в эксплуатации и обслуживании, а рабочий объем ее выростных бассейнов был втрое больше, чем в других экспериментальных установках.

Сравнительный анализ эффективности работы рециркуляционных выростных систем, конструкция которых рассмотрена выше, показал, что все они обеспечивали достаточно высокий уровень очистки воды (таблица 1).

Таблица 1 – Эффективность утилизации токсичных азотистых соединений в рециркуляционных системах разной конструкции после ввода биофильтра в рабочее состояние

РС	Период наблюдения, суток										
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Содержание аммиака NH ₃ , мкг-ат/дм ³											
№1	8,9	11,1	12,3	12,6	4,6	4,0	3,2	3,5	4,5	4,6	5,2
№2	10,5	11,5	11,8	10,3	4,1	3,8	4,5	4,7	4,6	4,6	4,5
№3	10,7	12,0	12,6	12,5	5,5	4,0	4,0	3,5	3,5	4,8	4,5
Содержание нитритов NO ₂ , мкг-ат/дм ³											
№1	4	24	21	10,5	8,4	7,5	7,2	6,8	6	7	6,5
№2	7,2	21,2	13	4	3,2	2,8	1,7	1,1	0,9	0,5	0,3
№3	7,5	18,6	12	6,5	5	4,1	4,6	4,3	4,8	4,5	4,7
Содержание нитратов NO ₃ , мкг-ат/дм ³											
№1	28	21,5	12,7	5,7	4,5	3,7	4	2,9	3,5	4	4,2
№2	30	25,2	9,5	4,2	4,7	4,5	4,5	4,2	4,4	4,5	4,3
№3	27	22,0	10,4	5,5	4,1	3,2	3,1	3,4	3,2	2,9	3,4

О высокой эффективности работы рециркуляционных установок свидетельствуют результаты эксперимента по выращиванию личинок кефали пиленгаса при температуре 18-20 °С, солености 17-18%. В РС № 1 (плотность посадки личинок кефали 35 экз./дм³) на 50 сутки выращивания, концентрация аммиака не превышала 5,2, а нитритов 6,5 мкг-ат/дм³.

В РС № 2 (плотность посадки личинок кефали 40 экз./дм³) – 4,5 и 4,7 мкг-ат/дм³ соответственно. В РС № 3. при плотности посадки личинок 95-98 экз/дм³. после прохождения блока биологической очистки, концентрация токсичных соединений азота снижалась более чем в 2 раза (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность работы РС № 3 при промышленном выращивании личинок кефали пиленгас (плотность посадки 95-98 экз./дм³)

Параметры	Период наблюдений, сутки						
	5	10	15	20	25	30	40
Содержание аммиака NH ₃ , мкг-ат/дм ³							
До фильтра	7,4	8,2	9,5	8,7	9,5	7,8	10,5
После фильтра	3,5	4,5	4,3	4,0	4,6	3,7	4,7
Содержание нитритов NO ₂ , мкг-ат/дм ³							
До фильтра	11,2	9,8	9,5	10	8,6	11,3	12,0
После фильтра	5,1	4,8	5,5	4,3	6,5	5,0	5,8

При выборе конструкции рециркуляционных систем, наиболее перспективной для промышленного использования, кроме эффективности очистки отработанной воды, мы учитывали и другие технические характеристики: рабочий объем выростных бассейнов, его отношение к объему биофильтра, энергетическую ёмкость, простоту в обслуживании, надежность в работе. По всем этим параметрам наиболее перспективной для промышленного внедрения оказалась конструкция РС № 3. Поэтому именно эта установка использовалась как базовая при разработке промышленной образца рециркуляционной системы. На её основе были разработаны и запущены в производство два типа промышленных рыбоводных установок с замкнутым циклом водообеспечения разного функционального назначения.

Первый тип установок был предназначен для инкубации икры и выращивания личинок морских рыб до жизнестойкой стадии. Второй – для резервации производителей кефалевых и камбаловых рыб их содержания в преинъекционный период и во время гормональной стимуляции.

Рециркуляционная установка для инкубации икры и выращивания личинок (вырастная система) включала три стеклопластиковых бассейна объемом 6 м³ каждый, соединенных в единый контур (рисунок 6).

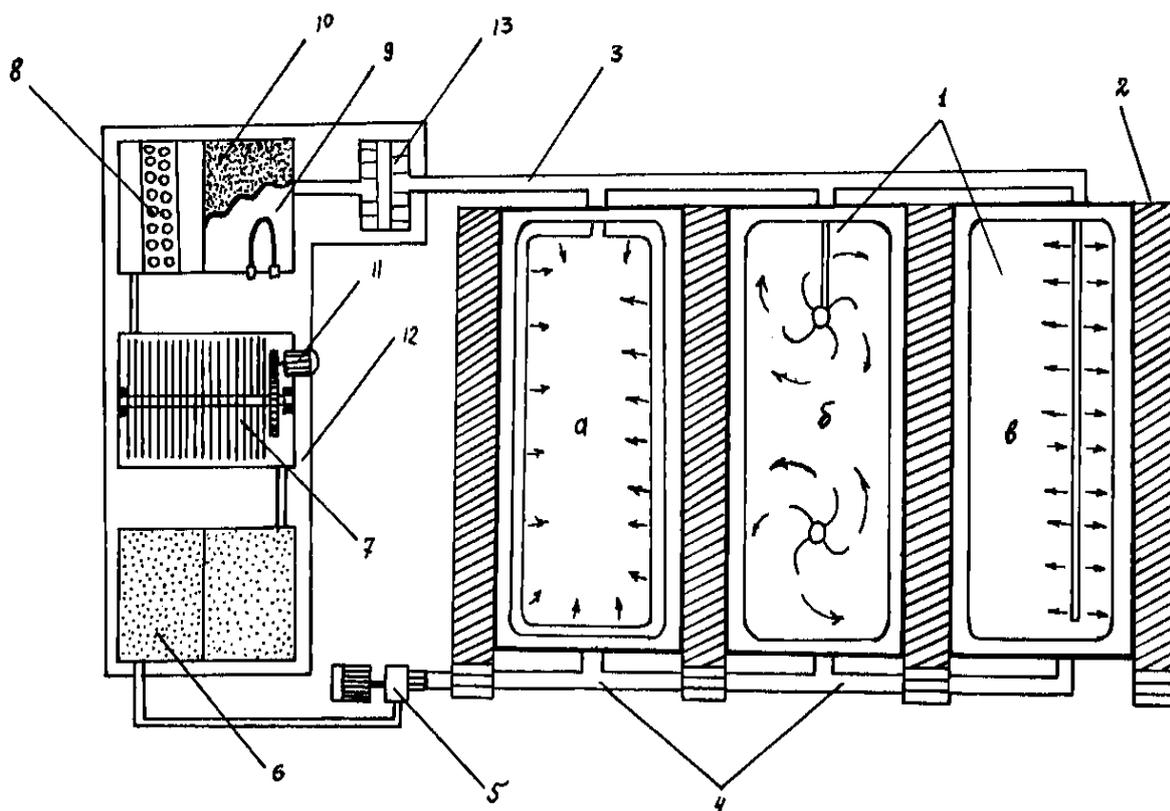
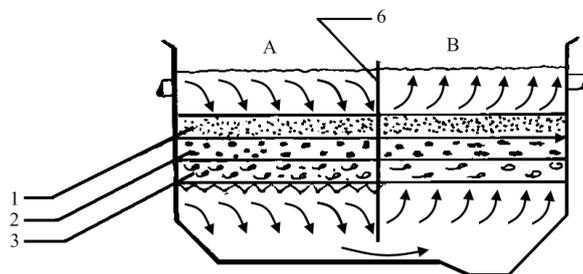


Рисунок 6 – Промышленная рециркуляционная установка для инкубации икры и выращивания личинок морских рыб.

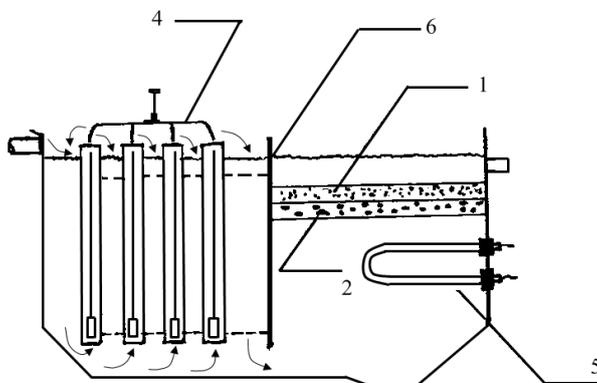
1-вырастные бассейны (а, б, в – типы вододачи); 2 – мостики для обслуживания; 3 – водоподающий коллектор; 4 – водосборный коллектор; 5 – рециркуляционный насос; 6 – механический фильтр-отстойник; 7 – биофильтр; 8 – пеногонные колонки; 9 – теплообменник; 10 – механический фильтр; 11 – электродвигатель с редуктором; 12 – эстакада; 13 – бактерицидная установка.

Загрязненная вода подавалась на трехступенчатый блок очистки. Скорость подачи воды регулировалась кранами отдельно для каждого бассейна. Грубую, механическую очистку воды, обеспечивал двухступенчатый песчано-гравийный фильтр-отстойник (рисунок 7) заполненный зернистым материалом

(размер частиц от 0,02 до 2,0 мм.). Фильтр компоновали в пластиковом корпусе, разделенном перегородкой на две секции А и В (рисунок 7а). Очистка фильтра проводилась методом противотока.



а) Механический фильтр отстойник



б) Фильтр, теплообменник, пеногонные колонки

Рисунок 7 – Схема первой и третьей ступеней очистки
 1-3 – фильтрующий материал; 4 – пеногонные колонки; 5 – тэны; 6 – перегородка корпуса фильтра.

Биологическую очистку (второй этап) обеспечивал дисковый вращающийся фильтр конструкция которого описана выше. Промышленный образец отличался от экспериментального прототипа размерами, конструкцией и количеством дисков, расстоянием между пластинами. Общая рабочая площадь фильтрующей поверхности составляла в экспериментальном варианте – 165 м², в промышленном – более 285 м².

Процесс нитрификации требует большого количества кислорода. Конструкция биофильтра отвечает этим требованиям. Пластины-диски на которых нарастала бактериальная пленка находились в полупогруженном

состоянии в проточной ванне, где был установлен барабан. Благодаря постоянному вращению происходило обогащение бактериальной пленки кислородом и очистка поступающей загрязненной воды. После введения в рабочий режим система биологической очистки работала достаточно эффективно. При полной загрузке системы (плотность посадки личинок пиленгаса 110 экз./дм³) содержание в среде аммонийного азота не превышало 10 мкг-ат/дм³, а нитритного азота – 15 мкг-ат/дм³ [7].

При увеличении нагрузки на блок биологической очистки пропорционально росла его производительность – интенсивности окисления азотных соединений. Третий блок очистки – пластиковый контейнер, разделенный на две секции. В первой размещался фильтр тонкой очистки, во второй – каскад пеногонных колонок (для дополнительной аэрации и выделения избытка органики). В нижней части корпуса фильтра находился блок автоматической терморегуляции (рисунок 7б). На выходе из третьего блока очистки вода подавалась на бактерицидную установку, оснащенную ультрафиолетовыми облучателями БУФ–600. Очищенная вода через регулируемую систему водоподачи поступала в выростные бассейны. Выростная рециркуляционная установка рассчитана на непрерывную работу в течение 150-180 суток с ежедневным пополнением 5-10% общего объема воды.

Установка для содержания производителей представляла собой упрощенный вариант выростной рециркуляционной установки. Она включала четыре стеклопластиковых бассейна общим объемом 12 м³, объединенных в единую систему, включавших механический и биологический фильтры и систему терморегуляции. Установка рассчитана на содержание производителей в течение 10-15 суток при ежедневной замене 10-15% объема воды. Предусмотрена возможность независимого отключения и сброса любого из бассейнов, входящих в состав установок. Обе установки изготовлены из коррозионно-стойких, нетоксичных материалов (пластик) и могут работать как в замкнутом, так и полузамкнутом или проточном режимах.

Выводы

Оценка работы рециркуляционных систем разной конструкции показала, что наиболее эффективной оказалась ЗУ № 3, оснащенная полупогружным вращающимся дисковым биофильтром. На её основе было создано два типа промышленных рециркуляционных установок: для инкубации икры, выращивания личинок и мальков морских рыб, и для резервации и прединъекционного содержания производителей.

Конструкция промышленных рециркуляционных систем обеспечивала высокую производительность и надежность технологии искусственного воспроизводства кефалевых и камбаловых рыб на всех этапах культивирования.

Практика эксплуатации таких установок в различных питомниках показала, что они обеспечивали достаточно высокую степень очистки воды и технологичность всего процесса культивирования. Это позволяло получать в одной выростной системе за цикл выращивания (с марта по ноябрь) более 450 тыс. мальков пиленгаса, 216 тыс. глоссы, 288 тыс. калкана и по 100 тыс. сингиля и лобана.

Список использованных источников

1. Filtracionno–recirkulyacionnaya system for maintenance of quality of water in a fish-breeder tank : Patent of the USA. – 1970. – N 3. – 661.262.
2. Nash C. E. Review of breeding and propagation technigues for grey mullet, *Mugil cephalus* L / Nash C. E., Shehaden Z. N. // ICLARM. – Manila : Philippines. - 1980. – 87 p.
3. System of nourishing environment : Patent of the USA. - 1968. - N 4. - 633.322.
4. Шекк П. В. Марикультура рыб и перспективы её развития в Черноморском бассейне / Шекк П. В., Куликова Н. И. – К. : ГЕОС, 2005. – 306 с.
5. Шекк П. В. Биолого-технологические основы культивирования кефалевых и камбаловых/ П. В. Шекк.– Херсон: ЧП Гринь Д.С., 2012.– 305 с.