

Г.А.Толкаченко, В.Е.Смолов, Ю.Е.Битюкова,
Н.К.Ткаченко, О.В.Пантелеева

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ КАМБАЛЫ КАЛКАНА

Излагается биотехнология и технологическая линия для выращивания молоди черноморской камбалы калкан и производства кормовых организмов. Рассмотрены основные факторы внешней среды, влияющие на жизнеспособность гидробионтов, и предложена модульная пилотная установка для производства в экспериментально-промышленных условиях жизнестойкой молоди камбалы калкан производительностью 5 тыс.экз. в год.

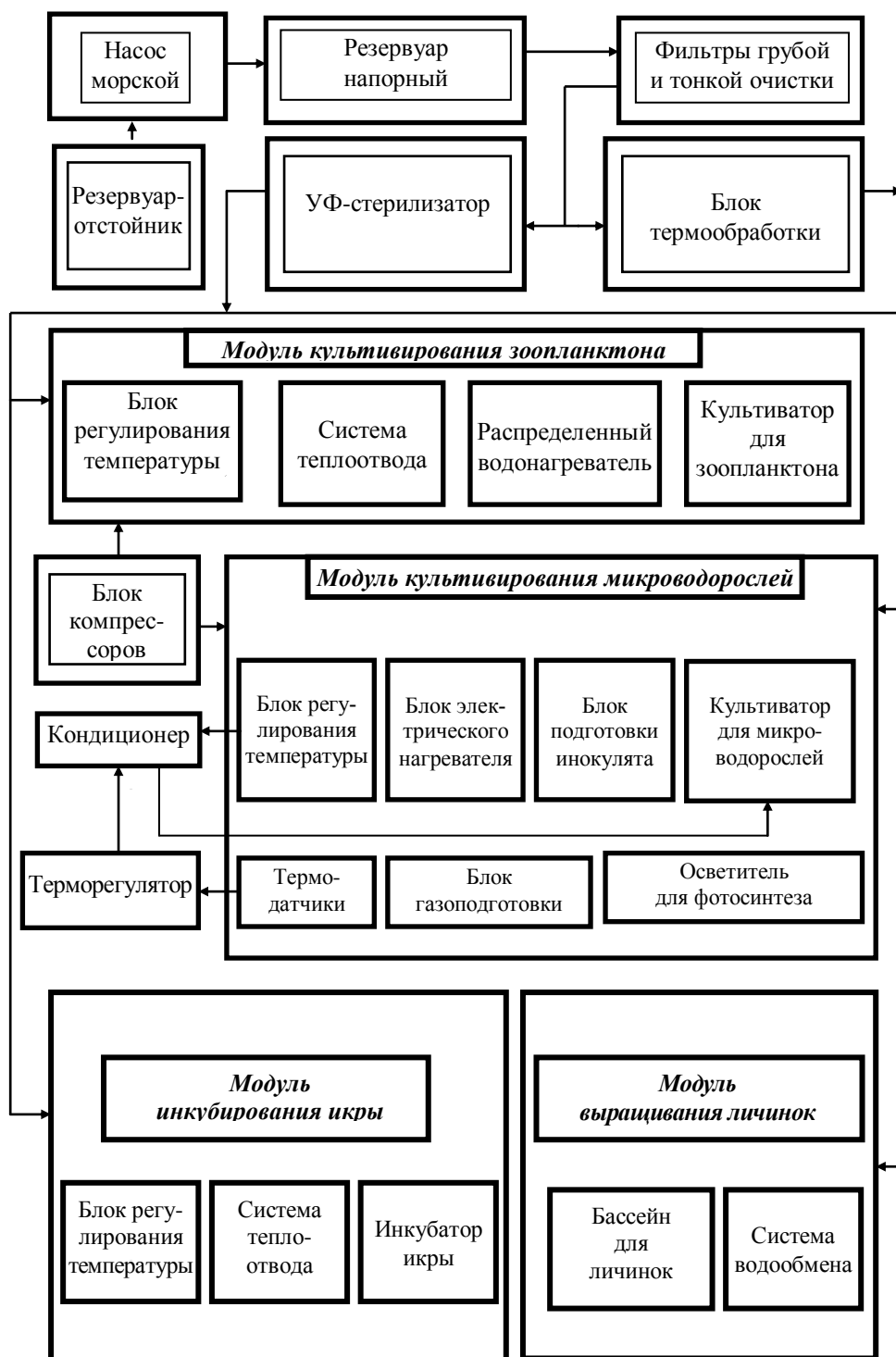
Чрезмерная антропогенная нагрузка на экосистему моря и хищнические методы добычи морепродуктов поставили некогда высокопродуктивные воды Азовского и Черного морей на грань катастрофического истощения. Если в 1970 г. в Черном море насчитывалось 26 видов промысловых рыб, то к 1986 г. их число сократилось до шести. Годовой объем вылова рыбы и морепродуктов в 80-е гг. составлял 120 – 260 тыс.т; в 1993 – 1996 гг. рыбный промысел сократился до 40 – 56 тыс.т [1]. Для восстановления и поддержания устойчивой сырьевой базы рыбного хозяйства Украины необходимо уделять больше внимания проблемам воспроизводства ценных пород морских рыб и, в частности, развития биотехнологии культивирования камбаловых.

Выбор камбал в качестве объекта марикультуры на Черном море связан с их высокими пищевыми качествами и ценными технологическими свойствами: высокой плодовитостью, быстрым темпом роста, низким кормовым коэффициентом, достижением товарной массы в краткие сроки и т.д. Камбала калкан – перспективный объект не только зарыбления естественных мест обитания, но и для товарного выращивания в искусственных условиях: товарной массы 2,0 – 2,5 кг рыба достигает за 20 – 24 месяца выращивания при низком кормовом коэффициенте.

Биотехнология получения жизнестойкой молоди камбалы калкан, разработанная в Институте биологии южных морей НАН Украины [2], предусматривает тщательную обработку морской воды, культивирование в контролируемых условиях микроводорослей и кормовых объектов (зоопланктона), инкубацию икры и выращивание молоди.

Личинок камбалы выращивают в бассейнах с высокой начальной плотностью (30 – 40 экз.л⁻¹) при контролируемых условиях среды и питания стандартными кормовыми организмами: коловратками и науплиями артемий. В используемой модификации технологии (метод «зеленой воды») микроводоросли используются как для культивирования живых кормов, так и для внесения их в систему выращивания личинок.

На основе разработанной технологии культивирования водных организмов была создана пилотная установка для производства жизнестойкой молоди кам-

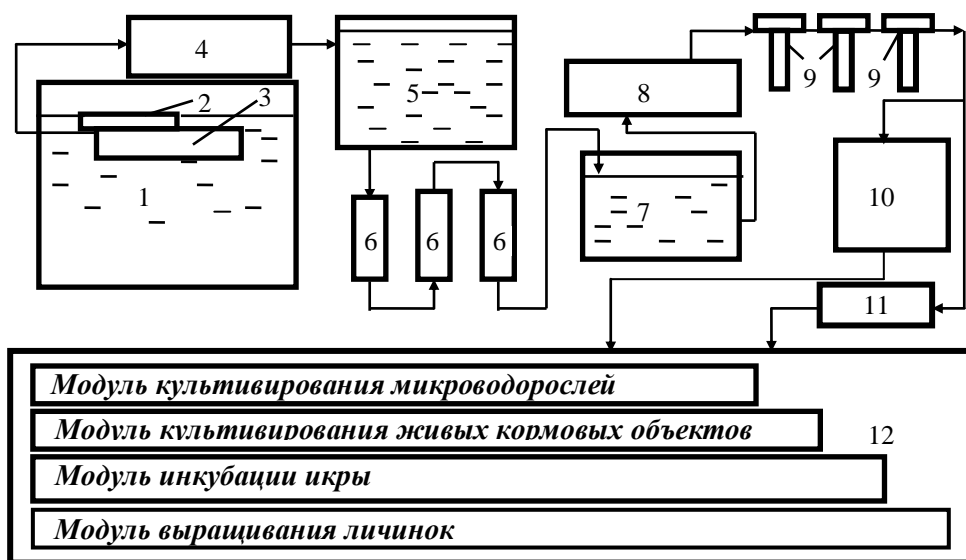


Р и с . 1 . Обобщенная схема пилотной установки.

балы калкана [3]. Обобщенная схема модифицированной установки и функциональные связи ее основных блоков показаны на рис.1. Основными блоками установки являются: система водоподготовки, система газоподготовки и аэрации, а также модули культивирования микроводорослей, живых кормовых организмов, инкубирования икры и выращивания личинок.

Система водоподготовки. Роль воды в аквакультуре очень велика, поскольку ее физические и химические характеристики определяют качество среды обитания водных организмов. В разработанной системе морская вода перед поступлением в культиваторы проходит несколько ступеней механической (от взвешенных частиц) и биологической (стерилизация от патогенных микроорганизмов) очистки. Общая схема системы водоподготовки приведена на рис.2.

Первая ступень очистки производится в отстойнике 1, где вода отстаивается не менее 2 суток после забора из моря. Здесь происходит оседание крупных фракций песка и частиц раковин. Из поверхностных слоев отстойника вода забирается с помощью насоса и подается в напорный резервуар 5, откуда она под действием силы тяжести проходит через систему фильтров грубой очистки. Система состоит из трех соединенных последовательно раздельных фильтров 6, представляющих собой пластиковые цилиндры высотой 120 см и диаметром 40 см, заполненных (снизу вверх) гравием, щебнем, ракушками, крупными фракциями морского песка и мелкой фракцией речного песка. Максимальный размер частиц, прошедших через систему грубой фильтрации, не превышает 25 мкм. Отфильтрованная вода с помощью насоса 8 про-



Р и с . 2 . Обобщенная система водоподготовки: 1 – резервуар-отстойник; 2 – поплавок; 3 – водозаборное устройство; 4 – насос; 5 – напорный резервуар; 6 – фильтры грубой очистки; 7 – накопительная емкость; 8 – насос; 9 – картриджные фильтры тонкой очистки; 10 – блок термообработки воды; 11 – блок УФ-стерилизации воды; 12 – потребители стерилизованной воды.

качивается через блок картриджных фильтров тонкой очистки 9. Последовательный ряд размеров частиц, пропущенных через блок фильтров тонкой очистки, составляет: 20, 10, 5 и 1 мкм. После фильтрации в блоке тонкой очистки морская вода подается на УФ-стерилизатор 11 либо в блок термообработки 10.

УФ-стерилизатор предназначен для стерилизации морской воды под воздействием ультрафиолетового излучения. При этом происходит необратимая коагуляция белка бактерий, приводящая к их гибели. Опыт эксплуатации УФ-стерилизатора показывает существенное снижение стоимости очистки воды по сравнению с другими методами стерилизации (тепловой обработкой и др.) при сохранении ее высокого качества.

Блок термообработки обеспечивает разогрев воды до температуры стерилизации (от 65 до 120 °С) и поддерживает заданную температуру с погрешностью $\pm 0,3$ °С в течение длительного времени (до 10 ч). Контроль и управление температурой стерилизации осуществляется с помощью цифрового блока автоматического регулирования, чувствительным элементом которого является медный резистор, защищенный антикоррозийной оболочкой из фторопласта.

Стерилизованная морская вода из блока температурной обработки и блока УФ стерилизации подается в общий магистральный водопровод, поставляющий стерилизованную воду в модули пилотной установки.

Культивирование микроводорослей *Isochrysis galbana*, *Rhodomonas sp.* и *Clorella vulgaris* осуществляется при круглосуточном освещении и непрерывном барботировании суспензии водорослей газовой смесью. При этом благодаря перемешиванию среды пузырьками воздуха, клетки поддерживаются во взвешенном состоянии, а питательные вещества равномерно распределены по всей водной толще.

Типовой культиватор состоит из осветителя (световой решетки) и 12 вертикальных емкостей из полиэтиленовых пакетов, вмещающих по 50 л суспензии. Емкости размещены с двух сторон световой решетки, представляющей собой расположенные в вертикальной плоскости люминесцентные лампы мощностью по 40 Вт. Световая решетка обеспечивает поверхностную освещенность культиваторов на уровне от 600 до 1600 лк при расстоянии от культиваторов до плоскости световой решетки 20 см.

Автоматизированная система выращивания водорослей реализована с помощью ряда локальных контуров, обеспечивающих поддержание параметров культивирования в соответствии с разработанными технологическими нормативами: облученность поверхностных слоев культуры поддерживают на уровне 600 – 3600 лк, объемную концентрацию углекислоты в газовой смеси – в пределах 1,0 – 1,5 % с расходом 1,2 л/мин на 1 л суспензии клеток и температуру культивирования в пределах 18 – 22 °С.

Система газоподготовки и аэрации предназначена для очистки воздуха и углекислого газа, подготовки на их основе газовой смеси с заданной концентрацией CO_2 и состоит из блока компрессоров, оснащенных системой пневмоавтоматики, воздушных фильтров в каналах очистки воздуха и углекислого газа (очистка от частиц размером более 0,5 мкм), осушителя, реси-

вера, газосмесительной установки, воздушной магистрали, газораспределителя и системы распылителей-аэраторов. Блок компрессоров, включающий центральный (8 атм, 440 л/мин) и два аварийных (2 атм, 18 л/мин) компрессора нагнетают воздух через осушитель и ресивер в газосмесительную установку.

В типовом режиме работает центральный компрессор, аварийные отключены системой пневмоавтоматики. Эта система отслеживает изменения давления воздуха в ресивере в пределах 2,0 – 1,5 кг/см² и при падении давления ниже 1,5 кг/см² (например, при аварии центрального компрессора) включает блок аварийных компрессоров, которые могут поддерживать давление в ресивере (при пониженном расходе воздуха) в течение десяти суток непрерывно, переключаясь через каждые два часа. При повышении давления в ресивере до уровня 1,8 кг/см² автоматически отключается блок аварийных компрессоров. Таким образом, обеспечивается непрерывная работа системы газоподготовки при гарантированном давлении воздуха в ресивере в пределах 1,5 – 2 кг/см².

Микроводоросли культивируются в накопительном режиме. Этот энергосберегающий способ культивирования широко применяется в марикультуре из-за простоты и гибкости в обращении и заключается в одноразовой инокуляции клеток микроводорослей в емкость, содержащую стерильную морскую воду и питательную среду, после чего рост культуры в экспоненциальной фазе происходит в течение нескольких дней после достижения культурой максимальной концентрации.

Культивирование зоопланктона. По размерно-морфологическим характеристикам большинству личинок морских организмов в качестве стартового живого корма при переходе на внешнее питание подходит *Brachionus plicatilis* Muller – солоноватоводная (диапазон солености 9 – 32 ‰) планктонная коловратка со слабо выраженной пищевой избирательностью.

Развитие, питание, рост коловраток проводят в режиме накопительного культивирования. В качестве корма используют одноклеточные микроводоросли, наиболее полно удовлетворяющие основным требованиям массового культивирования коловраток.

Массовое культивирование коловраток производится в 30 л пластиковых мешках с подрощенной культурой микроводорослей (*Isochrysis*, *Monochrysis*, *Platymonas* или *Rhodomonas*). После достижения заданной бионормативами плотности культура коловраток из мешка вносится непосредственно в бассейн для кормления личинок.

Инкубация икры. Нерестовая миграция камбалы калкана с мест зимовки обычно начинается в первой половине марта. Нерест – в начале апреля на глубине 90 – 100 м с подходом крупных особей массой тела 4 – 6,5 кг при температуре 8 – 9 °С. В течение нереста популяция калкана передвигается к берегу на глубину 30 – 50 м. Время созревания первой порции икры определяется исходным состоянием производителей и составляет 16 – 120 ч. Вторая и последующие партии порции получают через меньшие промежутки времени: от 30 до 72 ч.

Инкубационная установка состоит из собственно инкубаторов (объемом

по 70 л каждый), напорного резервуара, системы теплоотвода, блока регулирования температуры и проточного УФ-стерилизатора. Инкубаторы выполнены из черного непрозрачного стеклопластика. Вода подается сверху через горизонтальный тангенциально направленный патрубок, расположенный у боковой стенки под поверхностью воды. Слив производится через отверстие в центре дна и внешнюю переливную трубку. Скорость потока в каждом инкубаторе составляет 0,2 л/мин. Каждый инкубатор на сливе снабжен легкоъемными уловителями мертвой икры (работает по принципу механического фильтра), которые регулярно промываются или заменяются во избежание загрязнения воды в системе.

Напорный резервуар теплоизолирован и снабжен теплоотводящим устройством с блоком терморегулирования, который позволяет поддерживать температуру воды в инкубаторе с точностью до $\pm 0,2$ °С.

После напорного бака вода обрабатывается в проточном УФ-стерилизаторе и подается непосредственно в инкубаторы.

Развитие икры калкана происходит в условиях стабильного высокого насыщения воды кислородом 80 – 120 %. Интенсивность потребления кислорода в процессе эмбриогенеза возрастает. Снижение концентрации кислорода до насыщенности 60 % приводит к снижению подвижности эмбрионов и повышению смертности при вылуплении.

Технология инкубации икры. Оплодотворенную икру с высоким процентом (не менее 70 %) оплодотворения на стадии 2 – 4-х бластомеров помещают в инкубаторы. Проток воды поддерживают на уровне 0,5 объема инкубатора в час, перед выклевом его снижают до 0,3 объема в час. Мертвую икру каждые 5 – 6 ч удаляют через нижний слив инкубаторов. Аэрация воды умеренная. Температура воды в инкубаторах в начале нереста 13 °С, в конце нереста 14 °С. Развитие икры проводят при постепенном повышении температуры соответственно до 16 °С и 17 °С в конце инкубации. Соленость воды 17 ‰. Содержание кислорода – не менее 80 % насыщенности. В период инкубации поддерживают естественный ход освещенности со сменой дня и ночи и освещенности в дневное время не более 300 – 400 лк.

Выращивание личинок проводилось по технологии «зеленой воды». На третьи сутки после выклева личинок переносили из инкубаторов в бассейны для выращивания объемом 3 м³. Бассейны за 3 дня до пересадки личинок заполняли профильтрованной до 5 мкм и стерилизованной ультрафиолетом водой и засеивали 50 л морской хлореллы. Стартовая плотность посадки личинок составляла 30 – 40 экз/л⁻¹. По мере роста и развития личинок плотность посадки снижали до 20 экз/л⁻¹ на 16-е сутки и к концу метаморфоза до 1 экз/л⁻¹. До 10-ти суточного возраста выращивание проводят в стационарных условиях, смену воды увеличивают с 10 % на 8 – 9 сутки до 100 – 150 % в 20-ти суточном возрасте в зависимости от плотности кормовых организмов, состояния личинок и качества воды. Насыщение воды кислородом должно составлять 80 – 90 % и не превышать 100 %. Аэрация способствует равномерному распределению кормов и личинок. Для 5-ти суточных личинок аэрация

составляет $5 \text{ лч}^{-1} \cdot \text{м}^3$, а к 10 – 13-ти суточному возрасту ее увеличивают вдвое. Свет определяет активность и пищевое поведение личинок, поэтому при переходе личинок на экзогенное питание в бассейнах у поверхности воды круглосуточно поддерживается освещенность на уровне 800 – 1000 лк.

Модуль выращивания личинок. Объем заполнения бассейнов зависит от задач и составляет от 1 до 4 м^3 при высоте столба воды более 1 м. На этапах метаморфоза глубина бассейнов уменьшается до 0,6 м. Бассейн для выращивания личинок заполняется стерилизованной УФ водой. Подача вода осуществляется в поверхностный слой в тангенциальном направлении. Смена воды – от 10 % объема бассейна в час, начиная с 2-х суток, постепенно увеличивается до 40 % в час к 20-ти суточному возрасту личинок. Для удаления поверхностной пленки после перехода личинок на внешнее питание используется специальное устройство.

Воздух подается из общей системы через распылители, установленные на дне бассейнов.

Бассейны оснащены осветительными устройствами (лампы дневного света), создающими на поверхности воды освещенность 800 – 1000 лк. Режим освещения изменяется от круглосуточного до естественного фотопериода со сменой дня и ночи 18 : 6.

Производительность установки составляет 5 тыс. экз. молоди в год. Ее испытания проводились в течение нерестовых периодов с 1997 по 1999 гг. Положительные результаты этих испытаний показали, что разработанные биотехнологии и оборудование для выращивания жизнестойкой молоди камбалы калкана могут быть переданы на рыбоводные предприятия по выращиванию молоди ценных пород морских рыб.

При ежегодном выпуске в море 100 тыс. экз. молоди камбалы калкана объем дополнительного вылова составит 50 – 75 т в год.

Создание типовых модулей промышленной марикультуры рыб является предпосылкой их массового тиражирования в недалеком будущем и создания крупномасштабных подводных плантаций и питомников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Державна* програма захисту та відтворення Азовського та Чорного морів. – Київ, 1997. – 61 с.
2. *Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К., Владимирцев В.Б., Ханайченко А.Н., Пустоварова Н.И.* Способ искусственного получения молоди черноморской камбалы калкана.– Патент № 2017413, Россия RU C15 AO1K/1/00. № 5054176/13, опубл.15.08.94, бюл. № 15.– 25 с.
3. *Tolkachenko G.A., Bityukova Y.E., Khanichenko A.N.* Biotechnical systems development for marine aquaculture species.– Abstracts of contribution presented at the International Conference “Sea Technology”. Special Publication № 2. University of Constanta, Romania.– May 24 – 28, 1998.– 45 с.

Морской гидрофизический институт НАН Украины
Институт биологии южных морей НАН Украины
г.Севастополь