

*Кисели, Вельсина, Вайва, Арте
дурри, Аюдор, мору, Бейтос Карогах*

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



17

1984

УДК 639.06.

А. В. ЧЕПУРНОВ

К ВОПРОСУ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МОРСКИХ РЫБ В ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМАХ

Морская аквакультура — одна из проблем формирования биологической продуктивности водоемов. Для того чтобы создание управляемых морских хозяйств аквакультуры стало практически возможным, необходимо провести значительный объем фундаментальных исследований [10] и научиться управлять производственными процессами в искусственных системах.

В настоящее время появилось много обзорных работ, дающих подробный анализ тенденций развития, основных достижений и перспектив морской аквакультуры [1, 14, 17, 18, 21, 22 и др.]. На всех этапах развития морской аквакультуры в лабораторных и промышленных масштабах требуется высокое оснащение совершенной техникой.

Созданная в 1975 г. в Институте биологии южных морей АН УССР лаборатория культивирования морских рыб поставила перед собой следующие задачи: 1) создание технических устройств для моделирования естественных процессов; 2) изучение гидрохимических условий в установках; 3) разработка метода наращивания живых фито- и зоопланктонных организмов, пригодных для кормления личинок и мальков культивируемых рыб; 4) исследование эколого-морфологических закономерностей развития икры, личинок и молоди рыб в искусственных системах.

Настоящая работа посвящена результатам исследований лаборатории. Опыт использования микроэкосистем для целей аквакультуры весьма ограничен [4].

Разработанные нами экспериментальные установки, предназначенные для оптимизации условий инкубации икры и выращивания личинок рыб при возможном регулировании температуры, солености, освещенности, pH, скорости протока и содержания кислорода в искусственной экосистеме, во избежание токсического воздействия конструктивных материалов изготовлены из стекла, оргстекла и винипласта. Система может работать в режимах замкнутого и открытого циклов [3].

Для культивирования были избраны два вида рыб Черного моря (*Neogobius melanostomus* (Pall.) — бычок-кругляк, (*Scophthalmus macoticus macoticus* (Pall.)) — камбала-калкан, а также три вида кормовых организмов (*Platymonas viridis*, *Brachionus plicatilis*, *Artemia salina*). Биотехника выращивания морских рыб невозможна без обеспечения живыми кормами животного и растительного происхождения. Штамм морских водорослей платимонас получен из отдела физиологии водорослей ИнБЮМ АН УССР. Культура коловраток была обнаружена в солоноватой луже Камышевой бухты у г. Севастополя. Коловратки из маточной культуры были использованы для дальнейшего наращивания в аквариумах из оргстекла. Хотя температурный оптимум для размножения коловраток составляет 28—30 °C, однако их содержали в установке для рыб при температуре 17—23 °C. В своей работе мы использовали сивашскую и куяльницкую расы артемий. Куяльницкая раса артемий оказалась партеногетической, тогда как из

сивашских яиц артемий мы получили при выклевe самцов и самок. Низкий и нестабильный выклев науплиев артемий из яиц не позволяет точно задавать суточный рацион питания личинкам рыб.

Для моделирования оптимального режима наращивания коловраток предварительно были изучены условия и закономерности их жизни в экспериментальных условиях. С этой целью проведены серии опытов по определению влияния различных факторов на темп развития популяции: а) водорослевой диеты; б) температурного фактора; в) сопряженного эффекта температуры и освещенности. При этом определена зависимость времени удвоения коловраток от этих факторов. В результате разработана методика, которая дает возможность максимально обеспечить личинок кормом при минимальных затратах биологических ресурсов.

Максимальная концентрация коловраток на восьмые сутки после заселения оказалась на поверхности — 300 экз/мл, в толще — 57 экз/мл, у дна — 48 экз/мл, при этом 67,3 % суммарной средней концентрации в толще, или 39 экз/мл, составляли молодые самки без яиц.

Разработан способ предварительной очистки яиц артемий от примесей нежизнеспособных особей с целью повышения выхода науплиев [2]. Анализ посадочного материала, сохраняемого в течение двух лет при разных условиях, свидетельствует о преимуществе хранения яиц артемий в растворе рапы соленостью 50 ‰ и температуре 0—4 °С. Перед посадкой яиц артемий на выклев необходимо провести их гидратацию сначала в пресной воде, а затем на свету в 3 %-ном растворе NaCl в течение 2 ч.

Половозрелых бычков-кругляков отлавливали в преднерестовый и нерестовый периоды в прибрежной части Черного моря у Севастополя и помещали в проточные аквариумы. Искусственное нерестилище представляло собой 4-метровый лоток, шириной около 1 м и высотой до 80 см, разделенный на три секции перегородками из оргстекла. Другими емкостями являлись стандартные кристаллизаторы объемом 3—4 л. Нерестовым субстратом служила обыкновенная черепица. Инкубацию икры и выращивание молоди рыб проводили в установке с управляемыми параметрами среды.

Оплодотворение икры камбалы-калкана осуществляли на катере сразу же после поимки производителей. Оплодотворенную икру на стадии 8—16 бластомеров помещали в аэрируемые аквариумы-инкубаторы [5] с циркуляцией воды и стабилизированным температурным режимом. Содержание кислорода поддерживали на уровне 74—84 % насыщения, что соответствовало 6,89—7,50 мг/л, рН среды составлял 8,35—8,62, соленость 18,23 ‰. Икру инкубировали в диапазоне температур 10—15 °С. На 2—3 сут после выклева личинок пересаживали в установку объемом 150—200 л, плотность посадки составила 2000—3000 тыс. экз., на 23—25 сут личинок переносили в выростные емкости объемом около 400 л для дальнейшего подращивания, оставляя часть популяции в 150-литровых емкостях для выяснения влияния на выживаемость личинок объемов выростных установок. Опыты проводили при разных температурных режимах в интервале 16—22 °С.

На протяжении эмбрионально-личиночного развития камбалы-калкана и бычка-кругляка определяли размеры их тела и плавательного пузыря с помощью окуляр-микрометра. Для оценки поведения нормально развивающихся и аномальных личинок определяли их положение по горизонтам, продолжительность активного движения и покоя. Вес определяли на весах WT-50 с ценой деления 0,2. Ежедневно до 12-суточного возраста отбирали пробы по 10—20 личинок для фиксации в формалине и растворе Буэна, а на более поздних стадиях интервал для взятия проб составлял 3—5 дней. Для определения характера питания просматривали содержимое кишечника и подсчитывали количество кормовых организмов. Количество исследованного материала приведено в табл. 1. Температура измерялась градусником и мостом

Таблица 1. Количественная характеристика материала (1971—1975 гг.)

Материал	Максимальная концентрация, экз/мл	Количество измеренных особей, шт.	Кол-во опытов	Кол-во повторов	Биологический анализ	Размерно-возрастной морфометрический анализ, шт.	Гистология пищеварительного тракта, шт.
Бычок-кругляк	—	—	3	1	102	1000	50
Камбала-калкан	—	—	20	1	100	5000	220
<i>Platymonas viridis</i>	10 ⁶	—	150	3	—	—	—
<i>Brachionus plicatilis</i>	300	2000	6	3	—	—	—
<i>Artemia salina</i>	7·10 ⁶	7·10 ⁶ +354+600	34	3	—	—	—

КСМ-4, освещенность — люксметром Ю-16, соленость — титрованием, содержание O₂ — оксиметром и контролировалось по Винклеру, нитритов по Гриссу—Илосвая, нитратов и фосфатов — колориметрически. Численность морских гетеротрофных бактерий после глубинного посева проб морской воды на чашки Петри подсчитывалась по выросшим колониям в 20 полях зрения с помощью бинокулярной лупы МБС-1 [6, 16]. Определение температуры, pH, содержания кислорода делались ежедневно, нитритов, нитратов, фосфатов и гетеротрофных бактерий — один раз в неделю. Скорость протока, освещенность и соленость воды измеряли в начале опыта.

В работе принимали участие младший научный сотрудник Ю. Е. Битюкова, старший инженер Н. К. Ткаченко, руководитель группы Б. Н. Беляев, инженер В. Б. Владимирцев, старший лаборант М. Г. Рубцова, старший лаборант В. Н. Федотова, старший лаборант А. Н. Ханайченко, механик Ю. Н. Чувилко.

Использованная нами установка относится к системам с замкнутым циклом водообеспечения, который может работать в полупроточном режиме. Основным преимуществом систем с замкнутым циклом водообеспечения является их автономность. Качество воды однажды заполненной системы остается постоянным длительное время за счет использования различных устройств и технологических приемов для ее регенерации [9, 23]. Известные устройства систем с замкнутым циклом водообеспечения решают проблему автоматического поддержания состояния среды лишь частично, и здесь открывается широкое поле деятельности для их модернизации.

Основное преимущество использованной нами установки — компактность, объединение всех узлов системы в единую конструкцию. Кроме того, установку с живыми организмами можно транспортировать из различных районов исследования в лабораторию.

Разработанная и созданная система с замкнутым циклом регенерации воды имеет общий объем около 200 л и размеры питомника 100×60×45 см (рис. 1). Охлаждение воды в установке осуществляется холодильным агрегатом бытового холодильника ЗИЛ, испаритель 8 которого помещен в специальный карман, размещенный в общем корпусе 1 и отделенный от рабочего объема 17 перегородкой 6. Корпус аквариума выполнен из оргстекла и пенопласта 30 мм. В кармане расположены также шесть нагревателей мощностью 100 Вт и пеновзбивающее устройство 7, совмещенное с аэрлифтами 12 и кварцевой лампой 11, встроенной в пеносборнике 9. Пеновзбивающее устройство представляет собой трубу диаметром 40 мм, в которую над фланцем 4 встроены распылитель воздуха 5. К фланцу крепится съемный стакан с перфорированным дном, наполненный активированным углем. Вторым концом трубы врезан в трубу 9 диаметром 150 мм, расположенную горизонтально и закрытую фланцами. Во фланцы врезана кварцевая трубка, внутри которой помещается бактерицидная лампа 11. Секция

аэрлифтов 12, совмещенная с пеновзбивателем, постоянно закачивает в пеносорбник 9 воду, создавая в контактной трубе циркуляцию воды, направленную навстречу потоку пузырьков воздуха, исходящему из распылителя 5. Образующаяся при этом пена поднимается по трубе и через горизонтальную щель пеносорбника поступает в пеноприемник 10. Воздух может пропускаться через озонатор и, чтобы растворившийся в воде озон не попадал в рабочий объем, предусмотрено пропускание его через активированный уголь 3. Две секции аэрлифтов 13—14 позволяют перекачивать воду из кармана в рабочий объем или в обратном направлении. При работе аэрлифта 14 вода из поверхностных слоев рабочего объема через щели сливной трубы 16, расположенной по периметру, перекачивается в карман, создавая перепад уровней воды, что приводит к циркуляции ее через перфорированную трубу 20 и перфорированное дно 18, на котором располагается гравийно-песчаный биологический фильтр 19.

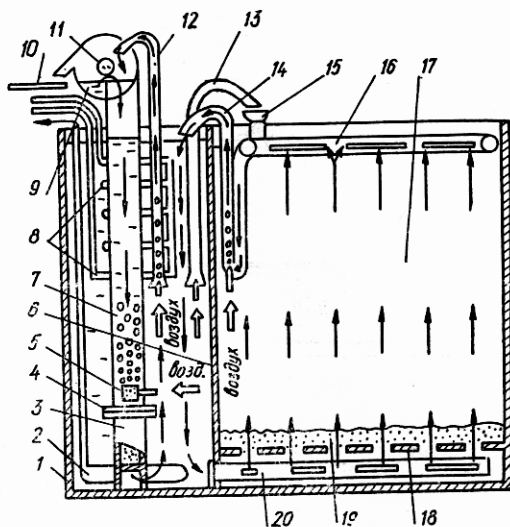


Рис. 1. Установка для содержания водных организмов:

1 — водонепроницаемый корпус; 2 — нагреватели; 3 — сменный механический и угольный фильтры; 4 — фланец; 5 — распылитель; 6 — перегородка; 7 — пеновзбивающее устройство; 8 — испаритель холодильника; 9 — пеносорбник; 10 — пеноприемник; 11 — бактерицидная лампа; 12 — дополнительный аэрлифт; 13 — основной левый аэрлифт; 14 — правый аэрлифт; 15 — приемный желоб; 16 — перфорированная замкнутая по периметру труба; 17 — рабочий объем; 18 — перфорированное дно; 19 — гравийно-песчаный фильтр; 20 — перфорированные трубы.

Термоизоляционный кожух помещается в металлический каркас 6, к которому крепятся радиатор из оргстекла и компрессор холодильника 7. Аквариум покрывается крышкой из оргстекла 4. Каркас шарнирно опирается на ферму 8, имея две степени свободы (шарнирно-килевой и шарнирно-бортовой 1 качки), что позволяет дну аквариума оставаться в горизонтальной плоскости при бортовой качке до 35° и килевой до 15° (рис. 2).

Конструкция позволяет при экспериментах создавать четыре различных температурных режима в рабочем объеме: 1) режим равномерной температуры по всему рабочему объему; 2) режим равномерной по объему температуры, изменяющейся во времени по заданному режиму; 3) режим градиентной по объему температуры, постоянной во времени; 4) режим градиентной по глубине температуры с изменением средней температуры по заданному закону. В зависимости от того, какая секция аэрлифтов будет находиться в рабочем состоянии, создается равномерный или градиентный по объему температурный режим.

Созданная для кормов и рыб автоматизированная установка для эксперимента в лабораторных и экспедиционных условиях легла в основу проектирования опытно-промышленного образца установки для инкубации икры и выращивания молоди камбалы-калкана в искусственных условиях. Предполагаемый экономический эффект от использования внедрения одной установки составит 104 тыс. руб. Вариант выполнен ЦПКТБ ГУ «АзЧеррыба».

Опыт работы по созданию экспериментальных аквариумов с замкнутой циркуляцией морской воды свидетельствует о том, что снижение органического азота и численность наиболее важных групп бактерий в системах с биологической и химической фильтрацией воды происходят на 40—60 сут [19, 20]. Сроки зависят от методики технического

совершенства проводимых работ. В нашей установке, как это видно из рис. 3, к моменту разложения органики наблюдается максимум нитритов с дальнейшим их уменьшением до минимальных величин (0,5—0,9 мг/л), что практически соответствует «условно чистой» естественной морской среде. Параллельно происходит накопление нитратов (до 5 мг/л). Повышение их содержания можно объяснить отсутствием в

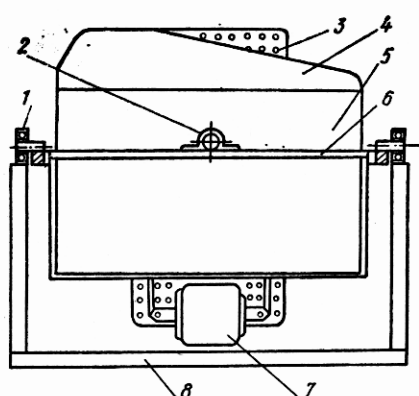


Рис. 2. Приспособление против шторма:

1 — ось компенсации бортовой качки; 2 — ось компенсации килевой качки; 3 — радиатор холодильника; 4 — светонепроницаемая крышка; 5 — резервуар; 6 — рама; 7 — компрессор; 8 — станина.

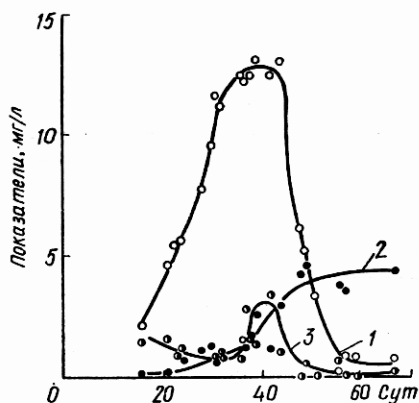


Рис. 3. Гидрохимические показатели установки:

1 — нитриты; 2 — нитраты; 3 — фосфаты.

системе необходимого количества первичного трофического звена (фитопланктона). В инкубаторах с высокой и низкой температурой воды наблюдаются закономерное уменьшение и дальнейшая стабилизация гетеротрофных бактерий к концу опыта. Отмечено более низкое содержание гетеротрофов в среде с повышенной температурой воды. Это, очевидно, обусловлено более интенсивно протекающими процессами деструкции

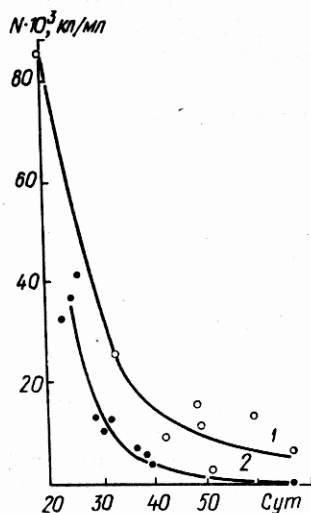


Рис. 4. Содержание гетеротрофных бактерий при более низкой (1) и более высокой температуре (2).

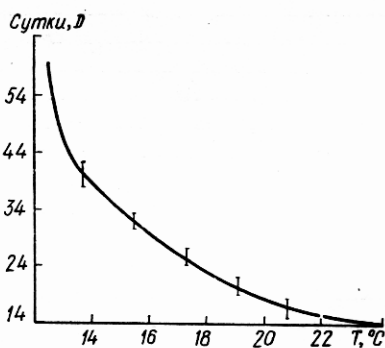


Рис. 5. Зависимость времени инкубации икры бычка-кругляка от температуры воды.

растворенного органического вещества бактериями на фазе нитрификации (рис. 4).

Для Азовско-Черноморского бассейна культивирование рыб может стать одним из возможных путей повышения рыбопродуктивности. Пер-

спективными объектами принято считать камбалу, кефаль, султанку, угря, крупных бычков.

Оправдывает себя методика получения молоди бычка-кругляка в искусственных условиях, разработанная сотрудниками АзЧерНИРО МРХ СССР и ИнБЮМ АН УССР [8, 12]. В этом случае икру получают от производителей, нерест которых происходит в аквариуме. В 1975—

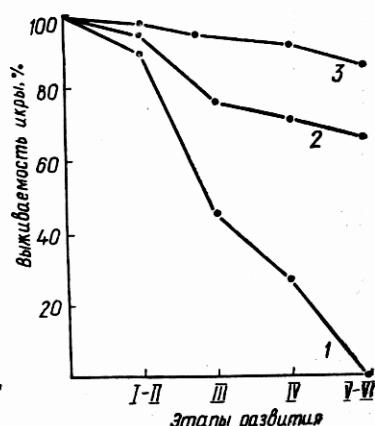
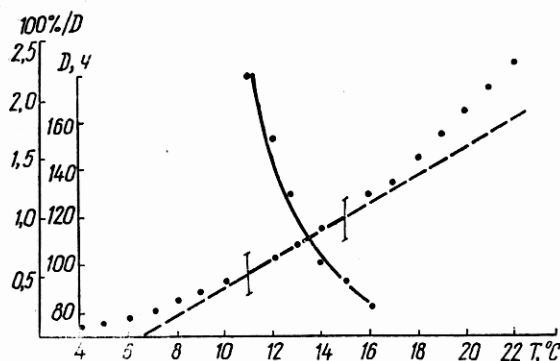


Рис. 6. Зависимость времени инкубации икры камбалы-калкана от температуры воды.

Рис. 7. Продолжительность отдельных этапов развития икры камбалы-калкана от температуры воды:
7°C (1), 10°C (2), 15°C (3).

1977 гг. в аквариальных помещениях при постоянной проточности морской воды были созданы благоприятные условия для размножения бычка-кругляка в искусственной экосистеме. Нерест продолжался с 28.04 по 10.09. От одноразмерных самок (10 экз.) и самцов (5 экз.) была получена 21 естественно оплодотворенная кладка икры. Кладки инкубировались, а молодь после выклева содержалась без пищи, чтобы установить взаимосвязь между некоторыми показателями на фоне изменений внешней среды. Время и температурный режим (14—21°C) размножения близки к естественным [13]. От каждой самки размером 10,5 см в течение нереста получено 6 порций икры.

Содержание бычка-кругляка в искусственных условиях не отражается на воспроизводительной способности рыб. При правильном подборе производителей и создании благоприятных факторов среды возможно увеличение индивидуальной плодовитости по сравнению с естественными условиями. Выявленная зависимость сроков инкубации от наблюдаемой температуры показала, что по мере ее повышения длительность эмбриогенеза сокращается (рис. 5).

Инкубирование икры проводили также для изучения продолжительности отдельных этапов при постоянных температурах от 12 до 24°C с интервалом в четыре градуса. Самый продолжительный этап развития — последний (IX—X), который длится более 35 сут. Окончательное формирование эмбрионов на X этапе должно происходить при температуре выше 12°C. Диапазон 15,5—19,5°C наиболее благоприятен для развития бычка-кругляка.

В диапазоне высоких температур (20—24°C) наряду с уменьшением длины личинок увеличивается вариабельность размеров их тела. С замедлением роста личинок отмечается снижение сухого вещества тела личинок кругляка по сравнению с нормальной личинкой. Однако уменьшения сырой массы не отмечается, а наоборот, имеется незначительное ее увеличение за счет повышения содержания влаги, особенно на этапе от икры до 8-суточного возраста. Отношение сырой массы к сухому веществу желточного мешка в икре, в теле личинок при-

Таблица 2. Линейный и весовой рост мальков бычка-кругляка Черного моря

Номер опыта	Дни кормления личинок	Возраст			
		8			Длина тела, мм
		Длина тела, мм	Масса тела, мг	Относительный прирост, %	
I	1—4	8,9—9,4*	8,3—9,7	28	8,3—9,0
		9,1	9,2		8,6
II	3—6	8,0—9,1	8,2—10,0	23	8,2—9,0
		8,7	9,1		8,7
III	5—8	8,8—9,4	9,0—11,6	25	8,8—9,5
		8,9	10,4		9,1
IV	Контроль питания	9,3—10,0	11,3—13,8	33	10,3—11,5
		9,6	12,6		10,8
V	Контроль голодания	7,6—8,0	6,1—7,5	—	7,3—8,6
		7,7	6,9		8,0

* В числителе — пределы, в знаменателе — средняя величина.

выклеве и в конце эндогенного питания составляет соответственно 1,97; 3,75; 5,02.

В первые дни жизни личинки бычка-кругляка, имея крупный желточный мешок, неактивны и их потребности в поступлении пищи извне ограничены. На 5-е сутки отмечается приостановка роста, что указывает на необходимость покрытия возросших энергетических потребностей этого времени, и личинок следует переводить на внешнее питание. За весь период смешанного питания относительные линейные приросты личинок составляют более 30 %, средние приросты по массе — свыше 50 % (табл. 2).

Икринки камбалы-калкана в естественных условиях развиваются при больших колебаниях температуры — 6,9—25 °C [7, 11]. Нами была поставлена серия опытов по определению влияния постоянных температур (7, 10, 15 °C) на скорость развития и выживаемость икринок камбалы-калкана (рис. 6, 7).

Наблюдения показали, что значительное увеличение продолжительности развития происходит при минимальной температуре — 7 °C. Икринки камбалы-калкана стадии гастрюляции (III этап) и образования хвостовой почки (V этап) обладают наибольшей чувствительностью к воздействию низких температур. Для личинок камбалы-калкана Черного моря принята периодизация в 6 этапов развития.

На I этапе (желточного питания) происходит выклев личинок длиной тела 2,9—3,1 мм. У трехсуточных личинок сохраняются небольшой остаток желточного мешка и жировая капля при размерах 3,4—3,5 мм.

II этап длится в зависимости от температуры 2—4 суток и начинается при длине 3,5—4,0 мм. У личинок остается небольшое количество желтка, сохраняется небольшая жировая капля, однако их запасы не могут восполнить энергетические траты организма. У личинок открыт рот, челюсти подвижны, жаберная крышка прикрывает жабры, глаза полностью пигментированы. При плавании личинки держатся в горизонтальном положении и совершают броски в направлении кормовых объектов.

III этап начинается на 8-е сутки. Длина тела личинок после полной резорбции желтка и перехода на внешнее питание — 4,1—4,5 мм. Единоновременно в кишечнике насчитывается до 60 экз. кормовых организмов.

IV этап у личинок начинается в 14-суточном возрасте. Длина тела — 5,0—8,5 мм. Высота тела увеличивается до 40 % длины и сдви-

в зависимости от сроков перевода на питание

личинки, сут

16		23		
Масса тела, кг	Относительный прирост, %	Длина тела, мм	Масса тела, мм	Относительный прирост, %
6,4—8,2	30	8,5—9,5	4,9—6,5	24
7,5		9,0	6,2	
6,0—8,7	29	8,5—9,3	5,0—6,5	22
7,6		8,7	6,0	
8,5—10,5	42	8,7—9,7	5,4—8,7	27
9,5		9,3	7,2	
14,6—20,1	58	11,0—15,4	16,0—45,0	51
17,2		14,0	32,6	
5,6—6,9	—	—	—	—
6,3		—	—	

гается к началу анального плавника. Формирование плавников и увеличение высоты тела приводят к изменению поведения личинок: после кратковременного плавания под углом 45° личинки 18-суточного возраста переходят в горизонтальное положение с обращенной вниз правой стороной тела и поднимаются к поверхности воды. Одновременно с этим начинается миграция правого глаза на левую сторону.

V этап начинается в 19—20-суточном возрасте при длине тела 8,5—9,0 мм и заканчивается в 31-суточном возрасте при размерах около 20 мм. В начальном возрасте происходит переориентация плоскости тела личинок: они постоянно плавают в горизонтальном положении с обращенной вниз правой стороной тела. По окончании этого этапа личинки в естественных условиях, по-видимому, мигрируют к берегу и переходят к донному образу жизни. В экспериментальной установке оседания на дно до 35-суточного возраста у нормально развивающихся личинок не наблюдается.

VI этап длится, очевидно, 1,5—2,0 месяца в течение метаморфоза и к его концу.

В 1979—1980 гг. была проведена серия опытов по определению значения температурного фактора при развитии камбалы-калкана в период смешанного и экзогенного питания и во время личиночного развития на IV—VI этапах. Установлено, что рост и развитие личинок при низких температурах были резко замедлены.

Инкубирование искусственно оплодотворенной икры и выращивание выклюнувшихся личинок до 2—3-суточного возраста осуществляют при температуре $14—16^\circ\text{C}$ в инкубаторах с циркуляцией и аэрацией воды. Затем из расчета 30—50 экз/л личинок пересаживают в установки, которые имеют биологический фильтр и замкнутую циркуляцию воды. В этих установках температуру воды постепенно поднимают от 17 до 22°C со скоростью $1—2^\circ\text{C}$ в неделю, а освещенность изменяют до 500 лк в соответствии с суточным режимом ее изменения (см. рис. 7). Основные требования камбалы-калкана к биотическим и абиотическим условиям среды на разных этапах развития описаны в [15].

Выводы. 1. Разработана экспериментальная установка для культивирования водных организмов. 2. В искусственной экосистеме успешно проведены инкубирование икры и выращивание молоди бычка-кругляка и камбалы-калкана. 3. Из искусственно оплодотворенной икры камбалы-калкана получены 70-суточные мальки, незавершившие метаморфоз. 4. Установлено, что оптимальной температурой инкубации икры бычка-кругляка является $15—19^\circ\text{C}$, камбалы-калкана — $11—15^\circ\text{C}$.

5. Культивирование личинок осуществляется при последовательном повышении температуры для бычка-кругляка от 14 до 20 °С, для камбалы-калкана — от 15 до 18 °С. 6. Диапазон температурной толерантности икры и личинок калкана в процессе развития сужается от 6 °С для икры до 3 °С для личинок на стадии прохождения метаморфоза.

1. Аранович Т. М., Спешиллов Л. И., Супрунович А. В., Спекторова Л. В. Современное состояние и зарубежный опыт в области марикультуры. — М., 1976, с. 1—76. (Информационный центр — ТЭИРХ. МГХ СССР: Сер. 1).
2. Беляев Б. Н., Федотова В. Н. Способ определения жизнеспособных яиц артемии от примесей и нежизнеспособных яиц. — А. с. 656603. (СССР). Оpubл. в Б. И., 1979, № 14.
3. Беляев Б. Н., Чепурнов А. В. Установка для содержания водных организмов. — А. с. 789067 (СССР). Оpubл. в Б. И., 1980, № 47.
4. Бурдин К. Я., Лямин М. Я. Использование лабораторных и полевых микросистем при изучении водных биоценозов. — В кн.: Человек и биосфера. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980, вып. 4, с. 6—55.
5. Владимирцев В. Б., Чувилок Ю. Н. Устройство для инкубации икры и выращивания личинок рыб. — А. с. № 969217 (СССР). Оpubл. в Б. И., 1981, № 40.
6. Горбенко Ю. А. О наиболее благоприятном количестве сухого питательного агара в среде для культивирования морских гетеротрофных бактерий. — Микробиология, 1961, 30, вып. 1, с. 168—172.
7. Дехник Т. В., Павловская Р. М. Распределение икры и личинок рыб Черного моря. — Тр. Азово-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии, 1950, вып. 14, с. 151—176.
8. Куликова Н. И., Фандеева В. Н. О порционности икротетания азовского бычка-кругляка (*Neogobius melanostomum* Pall.). — Тр. ВНИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1975, 96, с. 18—27.
9. Одум Ю. Основы экологии. — М.: Мир, 1975. — 74 с.
10. Патон Б. Е. Створення нових технологій — актуальні завдання науковців. — Вісн. АН УРСР, 1979, вып. 12, с. 54—64.
11. Попова В. П. Распределение камбалы в Черном море. — Тр. ВНИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1954, 28, с. 151—159.
12. Ткаченко Н. К. Особенности созревания и нереста бычка-кругляка (*Neogobius melanostomum* Pall.) Черного моря в естественных и искусственных условиях. — В кн.: Экология рыб. Киев: Наук. думка, 1980, вып. 1, с. 88—92.
13. Ткаченко Н. К., Чепурнов А. В. Некоторые биологические показатели раннего онтогенеза бычка-кругляка Черного моря в искусственных условиях. — В кн.: Вопросы раннего онтогенеза рыб. Киев: Наук. думка, 1978, с. 68—69.
14. Чепурнов А. В. Задачи отечественной ихтиологии в связи с развитием морской аквакультуры. — Вopr. ихтиологии, 1976, 16, вып. 2, с. 227—232.
15. Способ искусственного разведения черноморской камбалы-калкана / А. В. Чепурнов, Ю. Е. Битюкова, Н. К. Ткаченко, Б. Н. Беляев. — А. с. 847961 (СССР). Оpubл. в Б. И., 1981, № 27.
16. Чепурнова Э. А., Лебедева М. Н. О статистической обработке данных, полученных методом подсчета бактериальных колоний на чашках Петри. — Гидробиол. журн., 1972, 8, вып. 1, с. 106—111.
17. Harada T. The present status of marine fish cultivation research in Japan. — Helgol. länd wiss. Meeresuntersuch., 1970, 20, N 1—4, p. 594—601.
18. Hickling C. F. Fish culture. — London: Faber and Faber, 1971. — 295 p.
19. Hirajama K. Water control by filtration in closed culture systems. — Aquaculture, 1974, 4 (4), p. 369—385.
20. Kawai A., Lochida J., Kinnata M. Biochemical studies on the bacteris in aquarium with circulating system. 1. Changes of the qualities of breeding water and bacterial population of the aquarium during fish cultivation. — Bull. Jap. Soc. Fish, 1964, 30, p. 55—62.
21. May R. C. An annotated bibliography of attempts to rear the larvae of marine fishes in laboratory. — Spec. Sci. Rep. U. S. Fish. Wildl. Serv., 1972, 632, p. 1—24.
22. Schelbourne J. E. The artificial propagation of marine fish. — Adv. Mar. Biol., 1964, 2, p. 1—83.
23. Spotte S. Aquarium techniques closed system marine aquariums. — In: Experimental marine biology. New York; London: Acad. press, 1974, p. 2—19.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН УССР, Севастополь

Получено 29.03.82

CULTIVATION OF SEA FISHES IN CLOSED SYSTEMS

Summary

Methods of sea biology including engineering, chemistry, rearing of living feed, fish embryology, etc. are of use for studying fish cultivation in closed systems. The paper presents a description of the installation with a closed cycle of sea water regeneration developed by the author and analysis of certain hydrochemical indices of the cultivated fish environment and their dependence on the temperature during spawn incubation and larvae rearing under artificial conditions.

УДК 581.526.325.018

А. С. ЛОПУХИН, И. В. КИРИЛЛОВ, А. Г. БЕНЖИЦКИЙ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СБОРА ФИТОПЛАНКТОНА НА МЕМБРАННЫЕ И НУКЛЕОПОРОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРОФИЛЛА «А»

Для оценки развития фитопланктона водоемов наиболее часто используют данные по количественному содержанию фотосинтетических пигментов в планктонных водорослях, обычно хлорофилла «а». Этот общепринятый метод основан на концентрировании фитопланктонных организмов на мембранных ультрафильтрах [5, 6] с последующей экстракцией хлорофилла ацетоном и измерением оптической плотности элюата или флюоресценции пигмента на соответствующих приборах [8].

Для концентрирования фитопланктона применяют отечественные мембранные фильтры № 4 и 5, а также ультрафильтры чешского производства «Сынпор» из нитроклетчатки. Кроме того, в последнее время появились сообщения об использовании для этих же целей тонкой полимерной пленки, перфорированной с помощью бомбардировки α -частицами, так называемые нуклеопоровые фильтры [1]. В настоящей статье приводится сравнительная характеристика данных по фильтрации проб морской воды и концентрированию фитопланктона на фильтры «Сынпор» № 2, 3 и 4 с размером пор 2,5; 1,5 и 0,85 мкм соответственно, а также на нуклеопоровые фильтры с размером пор 0,35 и 1,6 мкм. Работы проводились в 22 рейсе НИС «Академик Вернадский» с марта по июль 1980 г. при исследовании продуктивности северо-западной части Индийского океана. В целом район исследования характеризовался низкими величинами концентраций хлорофилла «а». Средняя концентрация хлорофилла на поверхности составила $0,03 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Величины содержания хлорофилла в 0—100-метровом слое изменялись в пределах $4,93—13,57 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$. Воды с такими низкими концентрациями относятся к наиболее бедным, олиготрофным водам Мирового океана [2]. Определение хлорофилла «а» осуществлялось на спектроколориметре «Спекол-10» («Карл Цейс», ГДР).

Пробы морской воды отбирались полихлорвиниловым батометром с поверхности и по горизонтам, а также с помощью вибрационного насоса из шахты корабля с глубины 5 м. Фильтрация осуществлялась под вакуумом (не более 0,5—0,6 атм) на специальных воронках улучшенной конструкции, снабженных кольцом для плотного прижимания фильтра к микропористой стеклянной подложке от шотовских воронок № 4. Примененная конструкция воронок обеспечила равномерную фильтрацию планктона по всей площади фильтра при стабильном вакууме в системе. В остальном авторы придерживались общепринятой методики, рекомендованной группой экспертов ЮНЕСКО [7]. В общей слож-