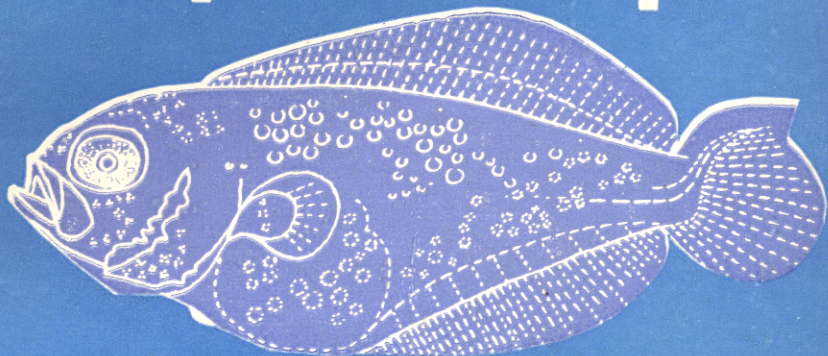


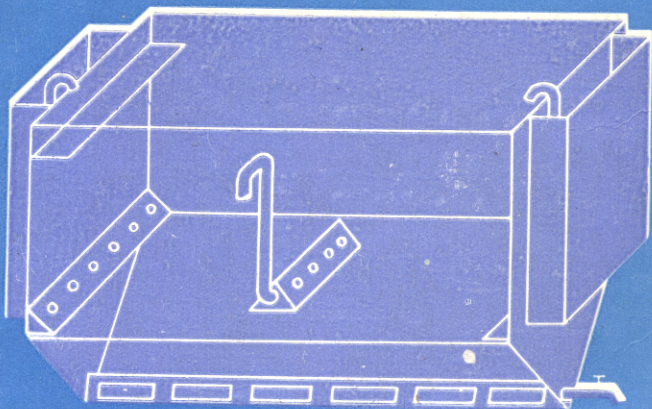
639.3(262.5)

А.В. ЧЕПУРНОВ

4-44
**Культивирование
рыб
Черного моря**



**В замкнутых
установках**



ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 2010

А.В. ЧЕПУРНОВ

Культивирование рыб Черного моря в замкнутых установках

Институт биологии
Южных морей Укр. ССР
БИБЛИОТЕКА
№ 35787

КИЕВ НАУКОВА ДУМКА 1989

Дивизион Черное море

УДК 639.3:681.2 (262.5)

Культивирование рыб Черного моря в замкнутых установках / Чепурнов А.В.;
Отв. ред. Л.П.Салехова; АН УССР. Ин-т биологии юж. морей им.А.О.Ковалевско-
го. — Киев : Наук. думка, 1989. — 104 с. — ISBN 5-12-000828-3

В монографии на примере бычка-кругляка и камбалы-калкан Черного моря дана характеристика факторов, способствующих разведению их молоди. Рассмотрены вопросы проектирования и создания управляемых морских замкнутых установок, культивирования в них массового количества живых кормовых организмов (одноклеточные водоросли, коловратка, артемия) и морских рыб. Определены морфологические, физиологические и экологические особенности молоди разводимых рыб. Описаны специфические закономерности, свойственные отдельным стадиям и этапам развития рыб при формировании потомства в замкнутых экосистемах.

Для экологов-ихтиологов, рыбоводов, работников рыбохозяйственных организаций, преподавателей и студентов вузов.

Ил. 59. Табл. 28. Библиогр.: с. 94—101.

Ответственный редактор Л.П.Салехова

Утверждено к печати ученым советом
Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского АН УССР

Редакция биологической литературы

Редактор В.И.Зубаток

ч 3903020000-386 473-89
M221 (04) -89

ISBN 5-12-000828-3

© Издательство "Наукова думка", 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное состояние рыбных запасов океана и внутренних морей, которые должны обеспечить возрастающие потребности населения в морепродуктах, требует от ученых и практиков разработки научных основ (биологических, технических) морской аквакультуры, способной стать ведущей отраслью рыбного хозяйства и пищевой индустрии [62]. Для осуществления этих задач необходимо повысить техническую оснащенность экспериментальных исследований, обеспечить опытно-промышленную проверку с учетом новых технологий, требующих глубоких фундаментальных исследований [75].

С точки зрения экологов, для производства продуктов питания в настоящее время существуют более благоприятные условия на суше, чем в воде, т.е. в аквакультуре [50]. Однако известно, что по сравнению с животноводством аквакультура является более экономичной. Разведение приобретает все большее значение в связи с необходимостью обеспечения возрастающих потребностей человека в белковой пище, расширением территориальных вод, уменьшением запасов ценных промысловых организмов океана и пресных вод под влиянием промысла, воздействием все прогрессирующего антропогенного загрязнения.

Наибольший объем продукции аквакультуры дают азиатские страны (Китай, Индия, Индонезия, Филиппины). Здесь объекты аквакультуры (устрицы, мидии, молочная рыба, кефаль) являются традиционной пищей. Развитие марикультуры имеет широкие перспективы [3].

В разных странах культивируются лаврак, кефаль, угорь, японская ставрида, желтохвост, красный тай, ханос, тилапия, палтус, тюрбо и морской язык. Современные методы позволяют получать достаточно высокую продуктивность марикультуры при пастбищном типе хозяйства. Тихоокеанские лососи дают от 200 до 3000 т·га⁻¹ в год; выращивание лососей, желтохвоста и других рыб в морских садках — 80–150 т·га⁻¹ в год. Кефаль особенно хорошо выращивается в аквакультуре. Ниже приведена продуктивность прудов с кефалью [3]:

Страна	Продуктивность, кг·га ⁻¹
АРЕ	350 (монокультура)
Израиль	512 (монокультура)
Индия	150–1500
Индонезия	
о. Ява	100–150
Италия	90–200

Китай		
о. Тайвань	2508—3500	
США	293—804 (теплые воды)	
Филиппины	336	

Из-за низкой рыночной цены и медленного темпа роста выращивания камбаловых не приобрело промышленного масштаба. Однако при круглогодичном содержании камбалы в прудах при 18 °С она может достигать товарных размеров в 2 раза быстрее. Имеющиеся данные, характеризующие продуктивность и возраст товарной массы камбаловых, позволяют считать их перспективными объектами марикультуры [3]:

Вид	Площадь посадки, га	Продуктивность, кг·м ⁻²	Возраст товарной массы, годы
Тюрбо	27,9	17,1	2,8
Морской язык	64,5	8,0	2,7
Палтус	36,8	10,0	2,0

Практикой морского рыбоводства определены критерии отбора объектов для искусственного разведения: достаточное количество посадочного материала, короткая пищевая цепь и высокий коэффициент использования пищи на рост, высокая рыночная стоимость культивируемых рыб. Получение жизнестойкого посадочного материала выдвигается исследователями на первый план. Для разведения рыб важны методы сбора икры и способы ее оплодотворения; стимулирование созревания производителей; выбор емкости для инкубации икры и выращивания личинок; методики выращивания личинок; выбор кормов; чистота среды.

В нашей стране исследовательские работы по разведению рыб в морской воде сосредоточены во ВНИРО (Всесоюзный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии МРХ СССР, г.Москва) и его филиалах, в ЗИНе АН СССР (Зоологический институт, г.Ленинград), в ИБМ АН СССР (Институт биологии моря, г.Владивосток) и в ИнБЮМе АН УССР (Институт биологии южных морей, г.Севастополь).

Исследования проводились по следующим направлениям. Во-первых, глубоко изучалась биология видов, намечаемых для культивирования с учетом их связи с биотическими и абиотическими факторами среды, во-вторых — разрабатывались и создавались специальные приспособления и установки с регулируемыми параметрами среды для воспроизводства в лабораторных условиях процессов, наблюдаемых в природе, в-третьих — достоверно моделировались полученные результаты.

За последнее время в искусственных условиях получена жизнестойкая молодежь беломорской сельди, глоссы и кефали Черного моря, на Дальнем Востоке приступили к искусственному разведению терпуга и камбалы. Проводят культивирование камбалы-калкан Черного моря в замкнутых системах. Ведется разработка методики гормонального

стимулирования рыб. Изучены эмбриогенез, ранние личиночные стадии у большинства морских рыб, необратимое голодание у наваги и сайки Белого моря, бычка-кругляка и камбалы-калкан Черного моря в раннем онтогенезе. Проведен сравнительный анализ физиологических и биохимических параметров молоди, искусственно выращенной (на примере лососевых, осетровых) и выловленной из водоемов, определены оплодотворяемость и выживаемость икры и личинок.

Для осуществления экспериментальных и промышленных разработок в марикультуре особенное внимание обращено на техническое оснащение работ, так как разработка научных основ искусственного воспроизводства рыб является одним из важнейших аспектов в создании управляемых морских хозяйств. Это требует участия в работах многих специалистов — биологов, инженеров, математиков и химиков.

Развитие рыбоводства в шельфовых зонах Азовского и Черного морей представляет значительный резерв повышения их продуктивности. Заслуживают внимания в качестве объектов культивирования одноклеточные водоросли, мелкие беспозвоночные (копеподы, коловратка, артемия), рыбы (кефалевые, султанка, камбаловые, бычковые и др.) [84, 103]. Освоение перечисленных видов является только началом в создании морской аквакультуры в Азово-Черноморском бассейне. Число культивируемых видов может быть большим — практически все виды могут использоваться в управляемых хозяйствах аквакультуры [140].

МАТЕРИАЛ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сведения, характеризующие нерестовый период рыб Черного моря и их физиологическое состояние, а также данные по культивированию объектов, созданию установок с замкнутым циклом водообеспечения, собраны в Институте биологии южных морей АН УССР, его Карадагском отделении и в Центральном проектно-конструкторском технологическом бюро (ЦПКТБ) Главного управления "АзЧеррыба".

Для культивирования в качестве кормовых организмов рыб использованы одноклеточные зеленые водоросли, коловратка и артемия. В искусственных условиях (с использованием установок) получена молодь двух видов рыб — бычка-кругляка и камбаль-калкан. Результаты работы опубликованы в печати или защищены авторскими свидетельствами [100, 102, 121—123].

Технические приспособления при изучении экологии водных организмов являются экспериментальной базой для решения теоретических проблем гидробиологии и вместе с тем технической основой создания управляемых морских хозяйств [90]. Нами разработаны и созданы 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 все узлы изготовлены из стекла, оргстекла и винипласта. Определены температура, соленость, освещенность, pH, скорость протока, содержание O_2 , нитритов, нитратов, фосфатов и численности гетеротрофных бактерий. Температуру измеряли градусником и мостом КСМ-4, освещенность — люксметром Ю-16, соленость — методом титрования, содержание O_2 — оксиметром и методом Винклера, содержание нитритов — по Грисса-Илосвая, фосфор неорганический — по методу Дж.Морфи и И.Райли, азот нитратов — дифениламиновым методом, окисляемость — по методу Б.А.Скопинцева.

Численность морских гетеротрофных бактерий устанавливали методом подсчета колоний в 20 полях зрения с помощью бинокля МБС-1 при увеличении 8x2, 8x4 или 8x7 на 7-е сутки [32, 109]. Температуру, pH, количество O_2 определяли ежедневно, содержание аммиака, нитратов, нитритов, фосфатов и гетеротрофов — раз в неделю.

Для кормления коловраток использовали главным образом штамм одноклеточных водорослей *Platymonas viridis*. Этот вид обладает боль-

шой пластичностью, легко поддается культивированию, переносит высокие плотности посадки, механические воздействия, не выделяет в среду ингибиторов и аутигибиторов [88].

Водоросли культивировали проточным методом. Плотность подерживалась приблизительно на одном и том же уровне за счет изъятия части суспензии и замещения изъятая свежей средой. В качестве питательной среды использовали среду Гольдберга, с добавлением микродозы V_{12} . Приблизительно 1 раз в 10 сут культуру переливали в чистый объем во избежание накопления вредных для нее метаболитов и обростания стенок культиваторов. Морскую воду для питательной среды доставляли из открытого моря, взятую в 10 милях от берега (во избежание бытового и промышленного загрязнений), фильтровали от взвесей через двойной бумажный фильтр и стерилизовали, нагревая до 75°C . Водоросли первые два года культивировали в специальных емкостях с малым вертикальным объемом среды, а затем в 10-литровых бутылках и 3–5-литровых кассетах из технического оргстекла. Суспензию барботировали воздухом с 3 %-ной примесью CO_2 , освещая лампами дневного света ЛД-40. Для увеличения освещенности с 1500 лк и распределения по всей водной поверхности использовали эффект отражения от зеркальной поверхности.

Кормом личинок рыб в период перехода на внешнее питание была коловратка *Brachionus plicatilis*. Этот вид относится к семейству *Brachionidae* отряда *Ploimida*. Хотя температурный оптимум для размножения коловратки $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$, их содержали в культиваторах при температуре $21\text{--}25^{\circ}\text{C}$, так как более повышенные температуры неблагоприятны для водорослей и личинок рыб. Более взрослых личинок на 10–11-е сутки после выклева переводили на кормление разновозрастными науплиями и взрослыми артемиями, при этом использовали Сивашскую расу артемии *Artemia salina*.

Первоначально инкубацию икры и выращивание молоди бычка-кругляка проводили в установке с управляемыми параметрами среды [101]. Контрольную группу мальков избыточно кормили зоопланктоном. После выклева молодь разделяли на три группы с различным режимом питания. Одну группу содержали без пищи, другой давали корм на этапе смешанного питания на 8-е сутки. Третью группу переводили на внешнее питание после некоторого периода голодания, соответствующего 16-м и 26-м суткам. Для характеристики степени истощения, вызванного голоданием, исследовали изменение длины и массы личинок, некоторые морфологические признаки, гистологические изменения пищеварительного тракта, паренхимы печени. Оценивали такие биохимические показатели, как содержание гликогена, свободных аминокислот белка и общих липидов, их качественный и количественный состав. В аквариальных помещениях при постоянной проточности морской воды были созданы благоприятные условия для размножения бычка-кругляка в искусственной экосистеме. Нерест продолжался с 28.IV по

10.IX. Эта методика разработана и отражена в работах И.Ф.Ковтун [51], Е.Б.Моисеевой, В.И.Руденко [67], Н.К.Ткаченко [94]. Для размножения бычков был использован 4-метровый лоток шириной около 1 м и высотой 80 см, разделенный на три секции перегородками из оргстекла. Другими емкостями являлись стандартные кристаллизаторы объемом 3—4 л. Нерестовым субстратом служила обыкновенная черепица [92]. Соблюдался постоянный проток из прибрежной части моря с учетом его евригалинности, который создавал на искусственном нерестилище естественный климат. К одному самцу подсаживали несколько самок.

Для получения проб зрелой икры и ее инкубации в искусственных условиях производителей камбалы-калкан отлавливали в прибрежной зоне Севастополя. Непосредственно в полевых условиях икра оплодотворялась молоками самцов. Подробно методика получения массового количества искусственно оплодотворенной икры описана В.Н.Ивановым [44]. Живую икру на стадии 8—16 бластомеров помещали в аэрируемые аквариумы-инкубаторы с горизонтальной циркуляцией воды и регулируемой температурой. Содержание кислорода поддерживали на уровне 74—84 %, что соответствовало 6,89—7,50 мг·л⁻¹, рН среды составлял 8,35—8,62, соленость — 18,23 ‰. Инкубирование икры проводили в диапазоне 10—16 °С. Всего проведено свыше 30 серий опытов. Икру брали от самок длиной 38—40 см.

На 2—3-и сутки после выклева личинок пересаживали в установки объемом 150—200 л, имеющие биологический и химический фильтры и замкнутую циркуляцию воды. Плотность посадки личинок — 30 экз. × л⁻¹. Предварительно за 7—8 сут до пересадки личинок в установках наращивали коловраток. К моменту пересадки личинок концентрация их достигала 8—22 экз.·мл⁻¹. На 11-е сутки личинкам предлагали новый корм — науплий артемий из расчета 1—3 экз. мл⁻¹ и затем постепенно переводили их на питание взрослыми артемиями. На 23—25-е сутки личинок переносили в выростные емкости объемом около 400 л для дальнейшего подращивания, оставляя часть в 150-литровых емкостях для выяснения влияния на их выживаемость объема выростных установок. Температуру воды в установках ежедневно контролировали, опыты проводили при повышающейся температуре в интервале 16—22 °С.

На протяжении эмбрионально-личиночного развития камбалы-калкан в искусственных условиях размеры личинок определяли окуляр-микроскопом, измеряли диаметр жировой капли эмбрионов, предличинок и личинок до 8-суточного возраста. Замеряли также сырую и сухую массы личинок на весах Т-50 с точностью до 0,2 мг. Определяли величину плавательного пузыря. Данные обрабатывали общеизвестными статистическими методами. До 12-суточного возраста ежедневно отбирали пробы по 10—20 личинок, на более поздних стадиях интервал для взятия проб составлял 3—5 сут. Просматривали содержимое кишечника и подсчитывали количество кормовых организмов. Для оцен-

ки поведения нормально развивающихся и аномальных личинок до перехода на внешнее питание и во время питания внешним кормом фиксировали распределение их по горизонтам в экспериментальных установках, определяли продолжительность активного движения и покоя, а также изменение их соотношения по мере роста и развития.

Для морфометрических исследований использовали материал, фиксированный в 4 %-ном формалине. Морфологические признаки личинок и мальков выражали в процентах к абсолютной длине тела (L). В ходе развития наблюдали изменения кровеносной, зрительной и пищеварительной систем. Материал фиксировали в Буэне и использовали для приготовления гистологических препаратов. Личинок на ранних стадиях развития до 20-суточного возраста целиком заливали в парафин, у крупных особей исследовали отдельно голову и кишечник. Для каждого возраста готовили срезы толщиной 5—6 мкм, которые окрашивали по Маллори и азановому методу Гейденгайна. Размеры органов и тканей на гистологических препаратах определяли с помощью окуляр-микрометра под микроскопом [15]. Для характеристики метаморфоза личинок определяли миграцию правого глаза относительно вершины головы, при этом промеры относили к длине головы.

Материал для биологической характеристики рыб собирали в преднерестовый и нерестовый периоды (в апреле — августе в прибрежной части Черного моря, в районе Севастополя и Карадага).

Для определения биохимических показателей разнокачественности нерестовой популяции и потомства на ранних этапах онтогенеза использовали содержание гликогена, свободных аминокислот, общих липидов, количественный и качественный составы липидных фракций, содержание общих жиров в тканях и гонадах рыб. Количественное определение фракций липидов производили колориметрическим методом на ФЭК-56 [95, 107, 112, 115].

Липиды, содержащиеся в икре, эмбрионах и личинках, экстрагировали по Фолчу [137], а затем разделяли на пять фракций (фосфолипиды, холестерин, свободные жирные кислоты, триглицериды, эфиры стериннов) методом тонкослойной хроматографии [77]. Фосфолипиды определяли по методике Фиске-Саббероу, жирные кислоты — по Блуру, холестерин и эфиры стериннов — по Либерман-Бухарду, триглицериды — по Штерн и Шапиро. Содержание отдельных фракций липидов у камбаль-калкан первоначально (в миллиграммах к сырому веществу) анализировали в навесках по 400 экз. живых объектов. Для контроля параллельно брали на анализ пробы, содержащие 800 экз. организмов. При сравнении данных существенных расхождений по количественному и качественному составу липидов не обнаружено. Фиксацию навесок на гликоген проводили по методике А.Л.Шабалаш [110]. Предварительно пробы промывали в нескольких порциях чистого 96° этилового спирта в течение 12 ч. Концентрацию гликогена определяли по модифицированному антроновому методу С.Зейфтера и др. [152].

Таблица 1. Количественная характеристика собранного материала (1967–1984 гг.), экз.

Вид	Установки	Биологический анализ	Динамика жира в теле рыбы	Фракции липидов	Гликоген
Султанка	—	1456	1218	138	44
Ставрида	—	760	390	142	34
Скорпена	—	316	316	43	26
Бычок-кругляк Черного моря	1	390	390	176	112
Камбала-калкан	6	82	62	20	20
Всего	7	2984	2386	519	236

Вид	Свободные аминокислоты	Количество кладок, порций, гонад	Морфометрия	Гистология пищеварительного тракта
Султанка	35	626	—	—
Ставрида	24	179	—	—
Скорпена	45	45	—	—
Бычок-кругляк Черного моря	67	170	102	50
Камбала-калкан	20	30	224	220
Всего	191	1050	326	270

Таблица 2. Характеристика кормовых организмов (1978–1984 гг.)

Вид	Максимальная концентрация, шт. мл ⁻¹	Количество измеренных особей, экз.	Количество	
			опытов	повторов
Коловратки				
<i>Brachionus plicatilis</i>	51	2000	90	3
Водоросли				
<i>Platymonas viridis</i>	10 ⁶	—	90	3
<i>Amphidinium klebsii</i>	10 ⁴	—	1	3
<i>Nephrochloris salina</i>	10 ⁴	—	9	3
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	10 ⁴	—	9	3
Артемия				
<i>Artemia salina</i>	7·10 ⁶	400+354+600*	20	3

* Учитывали отдельно науплиусы и имаго.

Для определения аминокислот навеску сырой ткани гомогенизировали и фиксировали 80 %-ным этанолом (из расчета 1 мл этанола на 100 мл навески). Качественный анализ аминокислот осуществляли методом тонкослойной хроматографии на пластинах силуфола. Количественное определение проводили денситометрически на процентное содержание каждой аминокислоты по интегральной кривой [145].

При биохимическом анализе использовали гонады разных стадий зрелости. Стадии зрелости половых желез определяли по состоянию ооцитов старшей генерации. Преимущественно брали самок одного размера. Характеристики использованного экспериментального материала отражены в таблицах 1 и 2.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАМКНУТЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МОРСКИХ РЫБ НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ

Дальнейшие успехи биологии тесно связаны с применением современных технических средств. До последнего времени экология как наука, изучающая закономерности влияния факторов внешней среды на организмы, популяции и экосистемы, мало использовала достижения технического прогресса. Детальное изучение экологических взаимосвязей невозможно без применения новых методов, отвечающих современному техническому уровню.

При всех формах морского хозяйства (искусственное разведение с целью получения жизнестойкой молодежи, товарное выращивание посадочного материала и полносистемное хозяйство) технологические процессы должны протекать в той или иной степени в контролируемых и оптимальных условиях. Такая форма морского хозяйства может быть наиболее эффективной в условиях возрастающего влияния антропогенного фактора на санитарное состояние внутренних водоемов и уменьшение вследствие этого используемого шельфа.

В Черном и Азовском морях особое место принадлежит созданию автоматических систем управления поначалу простыми, а затем более сложными экосистемами. Эта биотехническая задача должна найти практическое решение в разработке специальных автоматизированных установок, предназначенных для комплексного изучения экологии морских организмов и оптимизации условий их искусственного выращивания.

Сложность изучения внутренних механизмов, регулирующих продукционные способности популяции в условиях конкретной экологической обстановки, потребовала разработки новых методических приемов с привлечением инженерной техники. Известно, что по тем или иным причинам не всегда удается изучить в естественных условиях экологию организмов на различных этапах индивидуального развития и, прежде всего, в раннем онтогенезе. Исследования В.А.Водяницкого [24] во многом были связаны с изучением личинок и мальков черноморских рыб из естественных условий. В настоящее время экспериментаторы все чаще исследуют морфогенез, биологию и физиологию ранних стадий развития организмов, выращенных в искусственных условиях с помощью различных биотехнических приемов.

Использование установок позволяет с определенной достоверностью определять степень влияния различных абиотических факторов среды (температуры, солености, освещенности, рН, содержания O_2 и CO_2 , концентрации органических и минеральных солей и т.д.) на мор-

фологию, скорость развития, рост, питание, физиолого-биохимические процессы развивающихся организмов, а также изучить механизмы разнокачественных популяций, связанные с выживаемостью поколений на ранних этапах жизни. Все это теснейшим образом связано с разработкой теории динамики популяций и теории биологической продуктивности. С помощью традиционных методов полевых сборов материала нельзя, по-видимому, объективно оценить данные по рассматриваемому вопросу [85]. Об этом свидетельствует тот факт, что до настоящего времени нет определенной точки зрения на причины, обуславливающие выживаемость поколения различных видов рыб. Эти работы должны подкрепляться тонкими экспериментальными исследованиями на базе методик, оснащенных техническими средствами. Так, например, используя в эксперименте инженерные приспособления, у некоторых видов рыб в раннем онтогенезе удалось установить периоды повышенной смертности [12, 15, 16, 23, 28, 30, 33, 34, 58, 69, 78, 81, 82, 93, 109, 113, 128—131, 134, 136, 165].

Анализ отечественной и зарубежной литературы по вопросу культивирования рыб, с которыми проводились эксперименты, показывает, что наиболее изучены представители пресноводной фауны. Это связано с тем, что морские гидробионты, в особенности рыбы, отличаются от пресноводных большей стенобионтностью на ранних стадиях развития. Они значительно хуже переносят резкие изменения температуры, солености, содержания кислорода, pH и других факторов в эмбриональный и личиночный периоды развития. Поэтому в морских экспериментальных исследованиях необходимо применять сложные технические методы с автоматической регуляцией многих параметров среды, которые позволяют оптимизировать условия развития с использованием метода планирования. Возможность постоянного контроля за различными факторами среды и их влиянием на развитие организмов позволит создавать модели (в том числе математические с проигрыванием на ЭВМ) функционирования искусственных экосистем [6, 60].

Наши данные продемонстрировали принципиальную возможность воспроизводства морских гидробионтов с разной экологией в замкнутых искусственных установках на основе создания оптимальных режимов абиотических факторов среды и условий питания.

Для поддержания численности рыб Черного моря и повышения его рыбопродуктивности необходимо развитие отрасли рыбного хозяйства—морского рыбоводства. Этот вопрос неоднократно рассматривался на специальных международных симпозиумах. Однако работа по морскому рыбоводству сдерживается из-за отсутствия жизнестойкой молоди [84].

Дальнейшие успехи гидробиологии, в частности разведения рыб, тесным образом связаны с применением технических средств [101]. Это касается полевых и экспериментальных наблюдений. Сбор информации о среде, в которой находится популяция, и о состоянии организ-

мов должен вестись постоянно с помощью новой техники. Нельзя не отметить накопившийся опыт применения технических новшеств в решении экологических вопросов водных организмов (специальные устройства для анализа влияния отдельных параметров внешней среды на организм).

С применением специальных установок появилась возможность не только регистрировать, но и регулировать в нужных пределах параметры среды, необходимые для нормального развития растительных и животных организмов.

При культивировании организмов в лабораторных условиях мы имеем дело с влиянием большого числа факторов среды. Для решения данной задачи в практически приемлемые сроки необходимо использовать методы теории математического планирования с численным моделированием искусственных экосистем на ЭВМ. С применением автоматизированных установок для культивирования морских организмов связана проблема оптимизации условий развития, требующих широких экспериментальных исследований. Возможность постоянного контроля за различными факторами среды и их влиянием на организмы позволяет подойти вплотную к созданию математических моделей функционирования искусственных экосистем [9].

В настоящее время появилось много работ, в которых дается подробный анализ тенденций развития основных достижений и перспектив морской аквакультуры [2, 4, 17, 21, 40, 42, 43, 48, 52, 56, 64, 65, 80, 83, 92, 96, 97, 136, 141, 146, 149, 150, 156—158, 160, 164]:

Марикультуру в настоящее время нельзя рассматривать как нечто новое в морском хозяйстве. При современном состоянии научно-технического прогресса она развивается за последнее десятилетие на базе внедрения новой технологии. Применение новейших достижений биологии, химии и техники позволяет разработать совершенно новые, неизвестные в традиционном культивировании морских объектов биотехнические приемы и резко расширить набор видов, пригодных для рыбоводного освоения и увеличения выхода продукции в аквакультуре.

Очевидно, в связи с низкой общей рыбопродуктивностью Черного моря ему отводится незначительная роль в проблеме морской аквакультуры. Из 2 млн т продуктов, возможных за счет марикультуры в СССР к 2000 г., в Черном море планируется добыть рыбы 25 тыс. т [62].

Для прибрежной морской полосы, в районе расположения ИнБЮМ АН УССР, более приемлемы установки с закрытым циклом регенерации. Качество воды однажды заполненной системы остается стабильным длительное время за счет использования различных устройств и технологических приемов.

По мере ухудшения качества среды в рабочих объемах для содержания рыб и других организмов часть воды сливается и заменяется равным объемом воды из резервной емкости. Такая схема водоснабжения является наиболее рациональной. Установки с замкнутым циклом во-

доснабжения используются в практике, когда морские организмы содержат на значительном удалении от моря или когда прибрежная зона значительно загрязнена и транспортировка воды вырастает в серьезную проблему.

К настоящему времени предложены десятки вариантов конструкции замкнутых установок, различающихся по назначению и по сложности их исполнения. При работе замкнутых установок большое значение отводится круговороту азота [72, 154] и поддержанию величины рН.

В большинстве замкнутых установок удаление аммиака осуществляется с помощью нитрофицирующих бактерий, которые, фиксируя азот, окисляют его до нитритов и нитратов [108, 138, 147, 154]. Автотрофные нитрификаторы культивируются обычно в гравийно-песчаных фильтрах толщиной около 500 мм, которые помещаются либо непосредственно в рабочих объемах на ложном перфорированном дне, либо в специальных емкостях, сравнимых с ними по площади.

Бактериальная активность неизбежно приводит к накоплению нитратов в замкнутой системе. Используется 4-ступенчатая обработка воды: механическая, бактериальная, химическая и водорослями, что способствует задержанию взвесей, освобождению от излишнего количества растворенного и взвешенного органического вещества [147]. Озонирование воды способствует насыщению ее кислородом, а также процессу нитрификации, что в сумме стабилизирует рН. Кроме того, снижение рН препятствует наличие в гравийном фильтре доломитового известняка и мраморной крошки [166]. Система с перечисленными методами очистки воды оказалась довольно жизненной (в течение 26 мес) при значительной биологической нагрузке ($1,82 \text{ кг} \times 380 \text{ л}^{-1}$).

В какой-то мере проблему удаления из замкнутой системы накапливающихся метаболитов решило применение пеновзбивающего устройства [70, 138]. Опыт работы микрокосмов для разработки методов аквакультуры весьма ограничен [5, 20].

Использование замкнутой установки для целей культивирования ставит проблему создания искусственных экосистем со сбалансированным биохимическим круговоротом по каждому веществу, что решает задачу ее динамического равновесия. Однако до настоящего времени искусственная экосистема отличается значительной неустойчивостью.

Как первоначальный этап технологии культивирования большинства черноморских рыб были разработаны и внедрены в научные исследования инкубаторы для развития пелагической икры. Каждый инкубатор (рис. 1) представляет собой емкость прямоугольной формы с коническим дном, снабженным коллектором, служащим для удаления отмерших организмов, и имеет узкие входные всасывающие щели, расположенные вдоль дна, и выходное отверстие, закрытое выпускным краном. Инкубатор соединен с двумя водообменными камерами с помощью ряда закрытых защитной сеткой отверстий, расположенных под углом в 45° . В предварительные водообменные камеры помещены

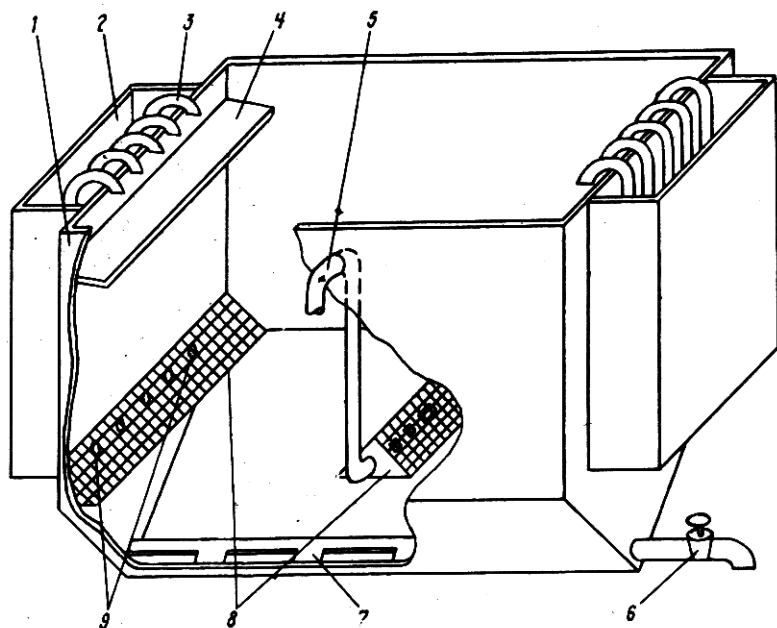


Рис. 1. Устройство для инкубации пелагической икры:

1 — боковая сторона инкубатора, 2 — водообменная камера, 3 — аэрлифты, 4 — стабилизатор для аэрлифтов, 5 — выводная труба, 6 — выводной кран, 7 — коллектор, 8 — защитная сетка, 9 — отверстия сетки

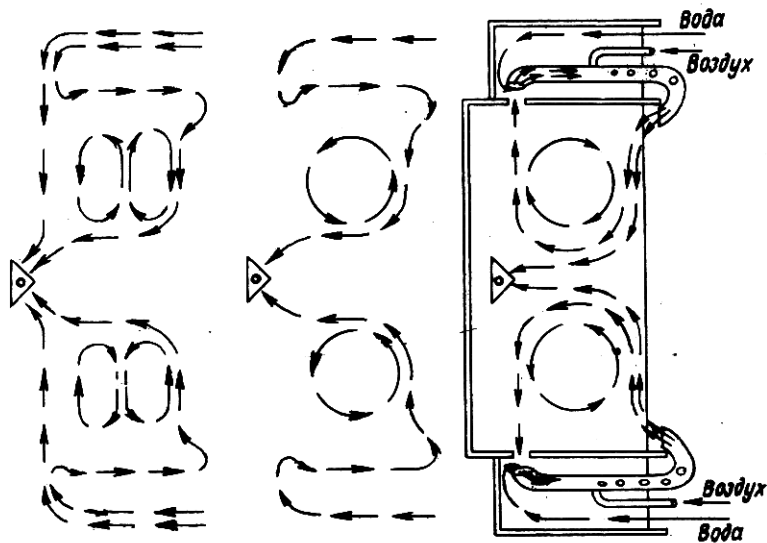
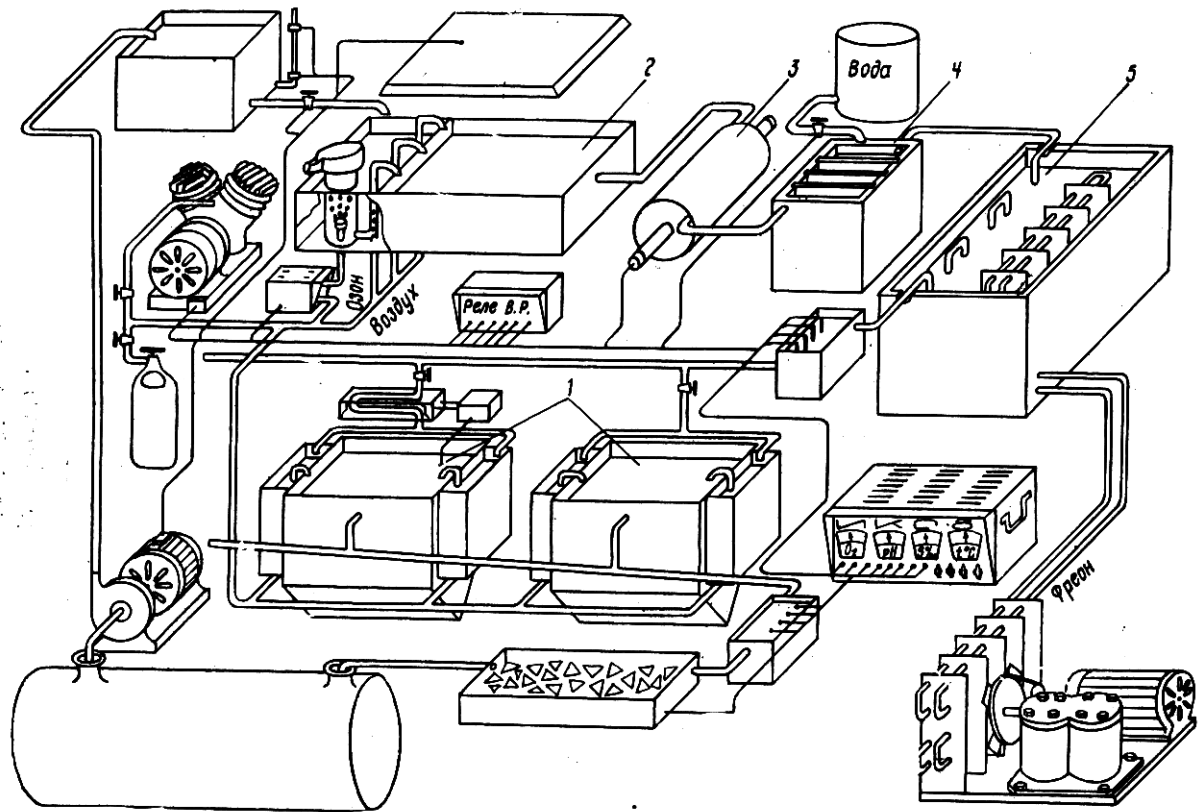


Рис. 2. Схема возможных циркуляций воды в инкубаторе



аэрлифты, количество которых изменяется в зависимости от изменения водообмена в инкубаторе. Инкубатор снабжен выводной трубой, ее приемный конец расположен поперек инкубатора и перфорирован отверстиями переменного диаметра, с тем чтобы обеспечить равномерное всасывание по всей его длине, окруженной равнобедренной треугольной призмой, торцы и большая боковая сторона которой заглушены, а две другие, обращенные вверх, затянуты нейлоновым газом.

Такая конструкция инкубаторов позволяет создать в рабочем объеме замкнутые циркуляции воды, количество и направление которых зависят от расхода воды и производительности аэрлифтов (рис. 2). Взвешенные в воде развивающиеся организмы будут двигаться по окружности, касательной к плоскости защитных сеток. Это способствует хорошему омыванию инкубируемых организмов, снижению у них механического травматизма, а также ликвидации на водной поверхности бактериальной пленки. Инкубаторы помещены в деревянные термосы, обитые алюминиевой фольгой и имеющие в крышке прозрачные герметические окна, над которыми размещены люминесцентные светильники. Чтобы исключить токсическое воздействие конструктивных материалов, узлы инкубатора изготавливались из оргстекла, винипласта и стекла (аэрлифты). На конструкцию инкубатора выдано авторское свидетельство [121].

Девять таких инкубаторов, объемом 75 л каждый, позволяющих проводить двухфакторный эксперимент, были объединены в автоматизированную лабораторную установку с замкнутым циклом водоподготовки (рис. 3). Установка была смонтирована в 1974 г. с учетом всех достижений в этой области [121, 101]. Эта установка по большинству узлов совпала с конструкцией установки Хона и Чевина, описание которой было опубликовано в августе 1975 г. [147].

Основными узлами всей установки являются: инкубаторы, фотосинтезатор, система для обеззараживания водной среды, система для механической очистки воды, теплообменник, регистрационный и автоматический блоки. Принцип ее работы состоит в следующем. Из основного резервуара вода закачивается в напорный бак с помощью некорозирующего насоса, снабженного датчиками верхнего и нижнего уровней, регулирующих работу насоса. Самотечком вода проходит все узлы установки и поступает в две предварительные камеры фотосинтезатора, где через озоноконтактное устройство аэрлифта она перекачивается в основную камеру. Озонконтактные устройства (рис. 4) представляют собой цилиндры, которые соединены в нижней части с аэрлифтами и имеют входные отверстия для воздуха, заглушенные пористым материалом. Воздух, поступающий в озоноконтактный цилиндр, проходит через озонатор. По заданной программе озонатор можно включать 2—3 раза в сутки на время от 30 мин до 2 ч. В верхней части цилиндра

Рис. 3. Установка для инкубации икры и выращивания личинок морских рыб: 1 — аквариумы, 2 — фотосинтезатор, 3 — бактерицидная установка, 4 — механический фильтр, 5 — теплообменник

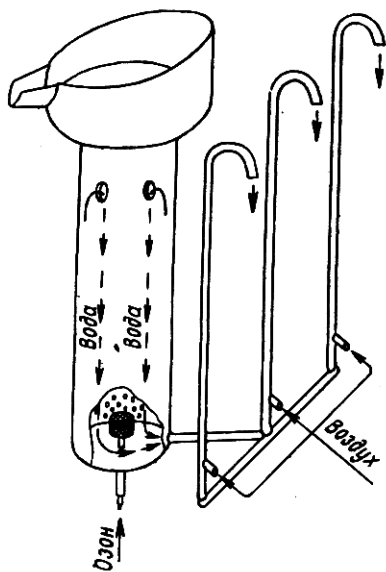


Рис. 4. Озонотактное устройство

через выводную трубу поступает в бактерицидную установку, где из одного плоского сосуда по наклонной переливается в другой аналогичный сосуд. Ультрафиолетовая лампа расположена над поверхностью воды. Далее вода проходит через многоступенчатый фильтр, содержащий четыре мембраны, которые можно легко менять в процессе работы. Три мембраны затянута газом (№ 17, 32, 64), а на последней ступени стоит картонный фильтр, применяемый в винодельческой промышленности. Обработанная озоном и ультрафиолетом, обогащенная кислородом и профильтрованная вода поступает в теплообменник, представляющий собой дюралевый куб с двойными стенками, термоизолированный стекловатой. Хладагентом служит пресная вода, охлаждаемая испарителем ФАК-1,5 до 4°C . Морская вода проходит через четырехступенчатый змеевик, выполненный из стеклянной трубки. Работа нагревателей регулируется с помощью обычного электроконтактного термометра и терморегулятора, которые позволяют поддерживать заданную температуру в инкубаторах с точностью до 1°C . Чтобы избежать резких градиентов температуры воды, при повышении верхнего предела температуры нагреватель не отключается полностью, а переключается на пониженное напряжение. Температура фиксируется однопозиционным мостом типа КСМ-4. В качестве датчиков служат термосопротивления ТСМ, 53 ома, встроенные в центре каждого инкубатора и подключаемые поочередно к мосту с помощью кольцевой схемы, состоящей из трех триггеров, дешифратора и блока реле (рис. 5).

Основное достоинство установки — это возможность независимого

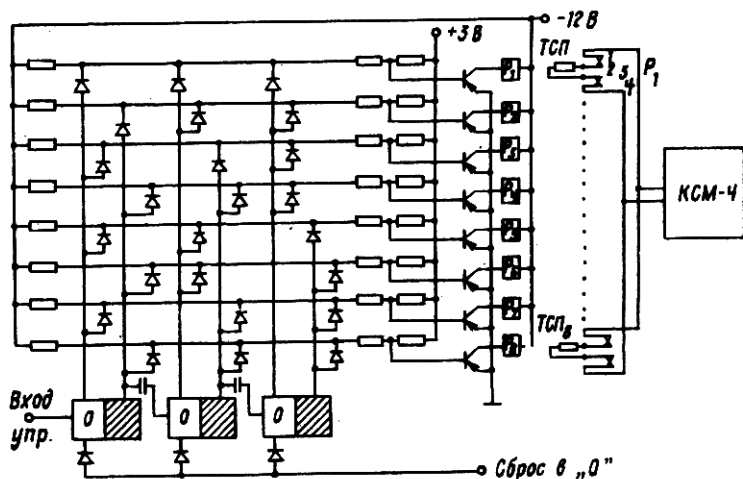


Рис. 5. Кольцевая схема переключения каналов:

P — P_8 — реле, ТСП — термосопротивления, КСМ-4 — измерительный мост

регулирования температуры, скорости потока воды, освещенности и содержания растворенного кислорода в каждом из аквариумов с записью параметров среды [7, 8]. Общий объем воды в системе около 2 м^3 .

После опытов по водоподготовке были проведены исследования комбинированного влияния освещенности и температуры на инкубацию икры, ее продолжительность и выживаемость мальков бычка-кругляка. С учетом опыта эксплуатации установки было создано устройство для содержания водных организмов [122]. Это было вызвано тем, что применение рециркуляционной системы с отдельными блоками водоподготовки приводит к повышенной инерционности и потребности в большом количестве морской воды при малых рабочих объемах инкубаторов. В связи с этим перед нами стояла задача сконцентрировать устройства водоподготовки в одном узле замкнутой системы, увеличить рабочий объем культиваторов организмов и приспособить установку для стационарных и экспедиционных исследований.

Разработанная и созданная система с замкнутым циклом регенерации воды имеет общий объем около 300 л, размеры питомника $100 \times 60 \times 45 \text{ см}$ (рис. 6). Охлаждение воды осуществляется холодильным агрегатом бытового холодильника "ЗИЛ", испаритель которого помещен в специальный карман, размещенный в общем корпусе и отделенный от рабочего объема перегородкой. Корпус аквариума выполнен из оргстекла. В кармане расположены шесть нагревателей по 100 Вт и пеновзбивающее устройство, совмещенное с аэрлифтами и бактерицидной лампой. Пеновзбивающее устройство представляет собой трубу диаметром 40 мм, в которую над фланцем встроены распылитель воз-

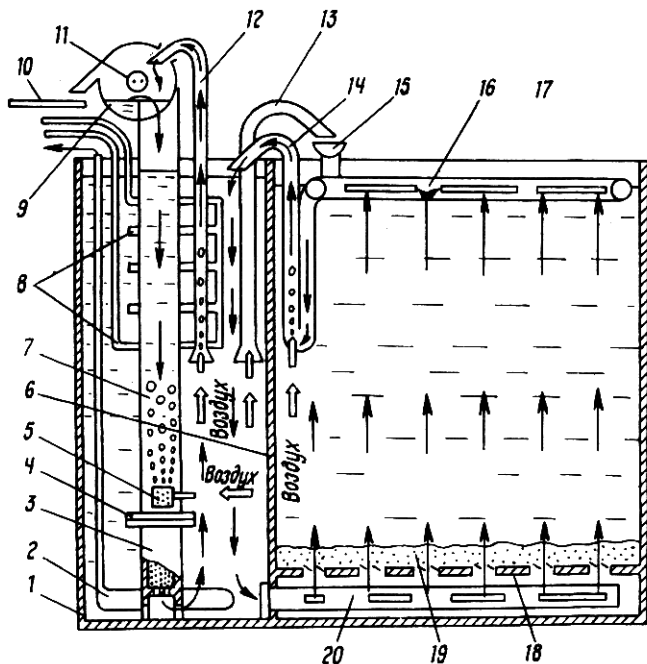


Рис. 6. Установка для содержания водных организмов:

1 — водонепроницаемый корпус, 2 — нагреватели, 3 — сменные 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

духа. К фланцу крепится съемный стакан с перфорированным дном, наполненный активированным углем. Другой конец трубы врезан в трубу диаметром 150 мм, расположенную горизонтально и закрытую фланцем. Во фланцы врезана кварцевая трубка, внутри которой находится кварцевая лампа. Секция аэрлифтов, совмещенных с пеновзбивателем, постоянно закачивает в пеносорбник воду, создавая в контактной трубе циркуляцию воды, направленную навстречу потоку пузырьков воздуха, исходящего из распылителя. Образующаяся при этом пена поднимается по трубе и через горизонтальную щель пеносорбника поступает в пеноприемник. Воздух может пропускаться через озонатор, а чтобы растворившийся в воде озон не попадал в рабочий объем, предусмотрено пропускание его через активированный уголь. Две секции аэрлифтов позволяют перекачивать воду из кармана в рабочий объем или в обратном направлении. При работе аэрлифтов вода из поверхно-

стных слоев рабочего объема через щели сливной трубы, расположенной по периметру, перекачивается в карман, создавая перепад уровней воды, что приводит к циркуляции ее через перфорированную трубу и перфорированное дно, на котором располагается гравийно-песчаный биологический фильтр.

Конструкция установки позволяет создавать при экспериментах четыре различных температурных режима: равномерной температуры по всему рабочему объему; равномерной температуры по всему рабочему объему, изменяющейся по времени по заданному плану; градиентной по объему температуры, постоянной во времени; 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. Данная установка использовалась в длительном экспедиционном 5-м рейсе нис "Профессор Водяницкий". Она была помещена в термоизоляционный кожух из пенопласта и в металлический каркас, к которому крепится радиатор и компрессор холодильника. Аквариум покрывается крышкой из оргстекла. Каркас шарнирно опирается на ферму, имея две степени свободы (шарнирно-килевой и шарнирно-бортовой качки), что позволяет дну аквариума оставаться в горизонтальной плоскости при бортовой качке до 35° и килевой до 15° (рис. 7).

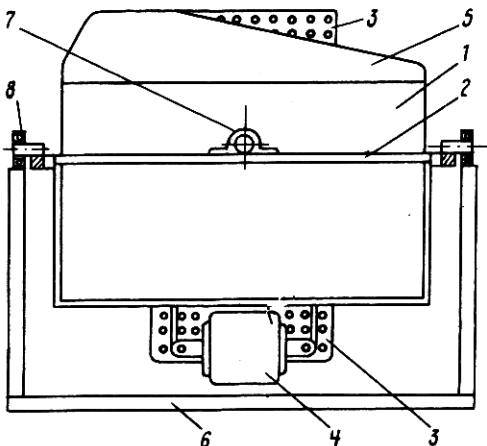


Рис. 7. Приспособление против шторма:

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

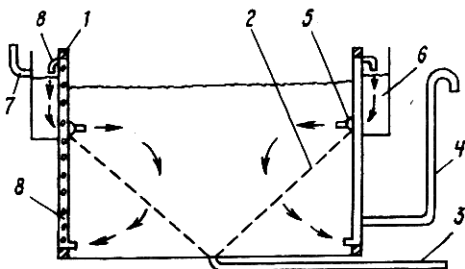


Рис. 8. Устройство для инкубации икры и выдерживания личинок рыб:

1 — емкость, 2 — конус из капронового сита, 3 — сливной патрубком, 4 — сливной патрубком, 5 — водообменная камера, 6 — штуцер, 7 — водопадающий патрубком, 8 — восемь пар аэрлифтов

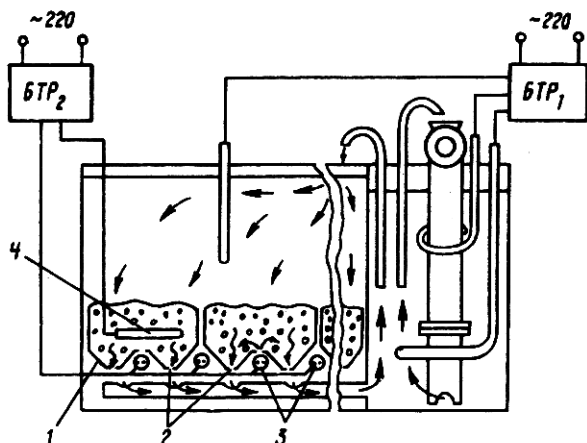


Рис. 9. Установка для содержания водных организмов:
 1 — источник света, 2 — щели, 3 — нагреватель, 4 — термометр;
 БТР — блок терморегулирования

В экспедиционный вариант установки было помещено 12 взрослых морских организмов: 2 экз. барабули, 4 — полосатых рыб, 2 — актиний, 4 — рака-отшельника. В течение первой недели отхода не было, но с появлением обильного количества инфузорий наблюдалась некоторая смертность посаженных организмов. Использование ежесуточного озонирования привело к прекращению вспышки инфузорий.

В лабораторных условиях на этой установке был проведен ряд серий удачных экспериментов по подраживанию личинок камбалы-калкан, полученных из искусственно оплодотворенной икры.

Кроме того, для инкубации пелагической икры и выдерживания выклюнувшихся личинок морских рыб был создан аппарат [126], который предназначен для проведения гидробиологических экспериментов по оптимизации инкубации пелагической икры и работ по замкнутой схеме циркуляции воды (рис. 8). Аппарат имеет цилиндрическую инкубационную емкость размером 500 × 500 × 300 мм (объемом 50 л) при высоте уровня воды 260 мм, кольцеобразную водообменную камеру (объем 5 л), подвижные патрубки — 8 шт., конусное сетчатое дно и 8 внутривенных аэрлифтов с производительностью каждого 0–10 л·ч⁻¹. Установка обеспечивает интенсивный обмен в емкости и циркуляцию в горизонтальной плоскости (4 об·мин⁻¹), осуществляя перемешивание икры, аэрацию, эффективный сбор и удаление оседающих отходов, полностью исключает травмирование икры и личинок, препятствует их слипанию и соприкосновению со стенками инкубационной емкости, позволяет быстро и легко изменять гидродинамический режим циркуляции воды. Устройство размещено в автономной термостатирующей емкости, заполненной пресной водой, размером 700 × 700 × 400 мм при высоте уровня воды 300 мм. Для вертикального и гори-

зонтального перемешивания использует- ся два аэрлифта (производительность каждого $30 \text{ л} \cdot \text{ч}^{-1}$). В систему терморегуляции входит холодильный агрегат мощностью 85 Вт, терморегулятор, контактный термометр и нагреватели суммарной мощностью 300 Вт. Все узлы системы выполнены из оргстекла¹.

Все установки замкнутого цикла со встроенным биологическим фильтром, наращиваемом на гравийно-песчаном субстрате, имеют ограниченный срок непрерывной работы в связи с тем, что культура биофильтра (нитрифицирующие бактерии *Nitrozoomonas*, *Nitrozobacter*) стареет со временем, а субстрат забивается взвесью, уменьшая пропускную способность, и требует промывки или замены. Разделение ложного дна на 5–10 секций позволяет еженедельно заменять одну из его секций, тем самым удлиняется срок непрерывной работы биофильтра [119].

Разработанный и созданный секционный биологический фильтр установки отличается тем, что ложное дно, перфорированное щелями, выполнено в виде гофрированных секций с бортиками, под которыми смонтированы дополнительные нагреватели (рис. 9). Секционированное

дно позволяет отгородить часть основного объема вертикальными сетчатыми перегородками, извлечь одну секцию и промыть субстрат или, при наличии дополнительной секции, заменить ее. При этом мощность биофильтра, выражающаяся в количестве минерализованных органических азотсодержащих соединений за единицу времени, падает всего на 10–20 % (в зависимости от числа секций), а затем восстанавливается до оптимальной величины в течение 10–15 сут. Подогрев субстрата биофильтра до $28\text{--}32^\circ \text{C}$ при температуре воды в аквариуме $17\text{--}23^\circ \text{C}$ увеличивает мощность биологической очистки воды в 1,5–2,0 раза, сокращая время регенерации фильтра в 2–4 раза.

В период перехода личинок на смешанное питание важно обеспечить оптимальную интенсивность питания, для чего необходимо поддержи-

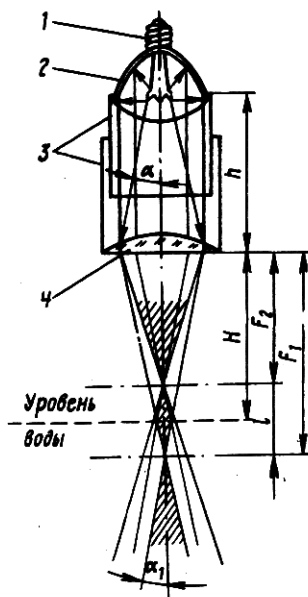


Рис. 10. Устройство для концентрирования живых кормовых организмов:

1 — источник света, 2 — отражатель, 3 — экран, 4 — линза; F_1 , F_2 — фокусные расстояния, α , α_1 — величина сферической абберации, h , H — расстояния от фокуса парабола до линзы и от линзы до воды

¹ Необходимо учитывать, что, возможно, техническое оргстекло под влиянием морской воды в силу быстрого старения пригодно ограниченное время.

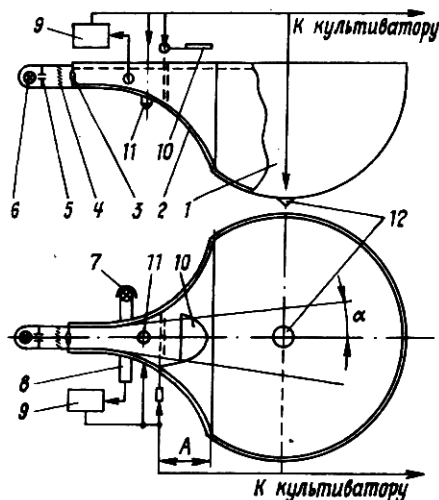


Рис. 11. Устройство для агрегирования фито- и зоопланктона:

1 — сосуд, 2 — сосуд-световод, 3 — фокусирующая линза, 4 — сменный светофильтр, 5 — диафрагма, 6 — источник света, 7 — дополнительный источник света, 8 — светодиод, 9 — блок управления, 10 — поворотная заслонка, 11 — слив, 12 — сливной клапан

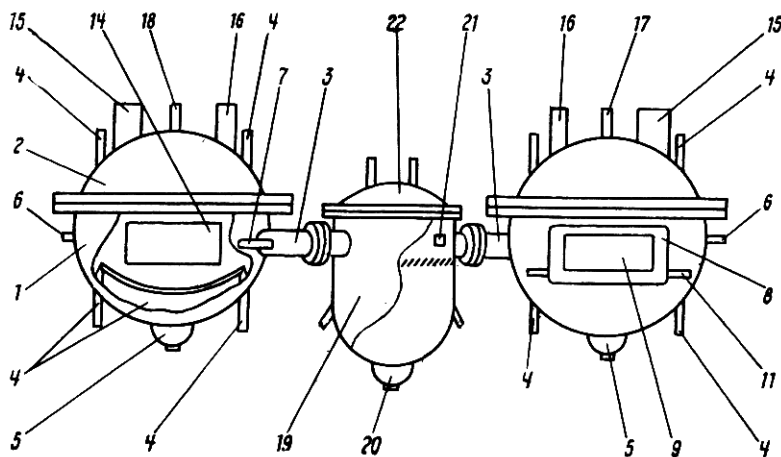


Рис. 12. Устройство для исследования воздействия давления на водные организмы: 1 — аквариум, 2 — крышка, 3 — патрубki, 4 — приспособления для фиксации, 5 — отстойник со сливным патрубком, 6 — входные штуцера, 7 — выходной штуцер, 8 — кормушка, 9 — герметическая крышка, 10 — патрубki для подачи воды, 11 — заслонка, 12 — приспособления для фиксации, 13 — приспособления для массажа, 14, 15 — пневмоклапаны, 16 — барокамера, 17 — отстойник, 18 — заслонка, 19, 20 — выпускной гидроклапан, 21 — сетка, 22 — герметическая крышка

вать в рабочем объеме большую концентрацию корма. Как показала практика, кормовые организмы (водоросли, коловратки, артемии) могут иметь разное распределение по объему. В результате этого эффективная концентрация кормов будет ниже задаваемой, что приводит к необходимости частых добавлений новых порций корма. Возникла необходимость агрегирования кормовых организмов — концентрирования их в местах, предпочитаемых разводимыми организмами [123]. Устройство (рис. 10) содержит светильник с отражателем (рис. 10, 1, 2), собирающую плоско-выпуклую линзу с фокусным расстоянием (рис. 10, 4), соизмеримым с высотой аквариума, и телескопический

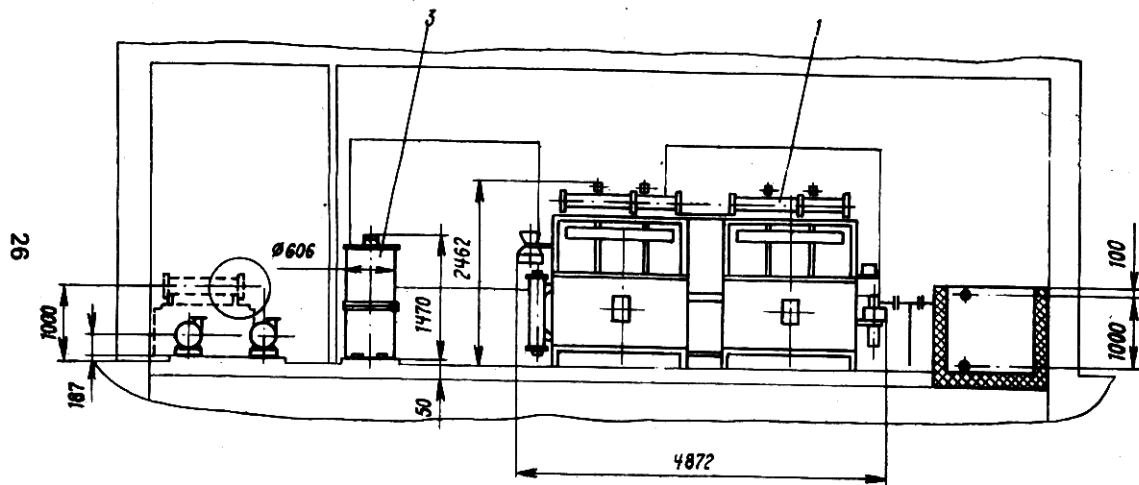
раздвижной световой экран (рис. 10, 3). Линза и светильник крепятся на кронштейне. Меняя расстояние h и H , можно получить различные конфигурации светового поля, расположив точку максимальной освещенности на любой глубине аквариума. Используя несколько таких устройств, можно добиться концентрации кормовых организмов на необходимом горизонте и при этом снизить расход кормов в 2—4 раза и энергетические траты культивируемых объектов на поиск и захват пищи.

С целью оптимизации условий подращивания личинок было разработано [118] устройство для концентрирования фито- и зоопланктона, отделения его от среды, что связано также с кормлением личинок рыб. При внесении и наращивании живых кормов в аквариум попадает питательная среда и их метаболиты. Отличительными признаками разработанного устройства являются полусферический сосуд с поглощающей внутренней поверхностью, световод переменного сечения с отражающей поверхностью и системы автоматического слива сконцентрированных объектов (рис. 11).

Для исследования влияния гидростатического давления на качество оплодотворения икры и развития гидробионтов разработана установка [124], состоящая из двух эллипсоидных герметических аквариумов и барокамеры, соединенных с последней патрубками (рис. 12). В аквариуме установлена кормушка и приспособление для фиксации, инъекции и массажа производителей рыб, а вкладыш барокамеры выполнен в виде сетки и расположен ниже смотровых окон. Барокамера и аквариумы имеют отстойники со сливными клапанами и заслонками для перекрытия отверстий патрубков. Кормушка выдвигается из аквариума через окно и имеет патрубки для подключения к системе подачи воды. Рыбы содержатся в водной среде при регулировании температуры. Наличие подобного оборудования позволяет проводить исследования по искусственной инкубации икры и выращиванию личинок рыб под давлением.

С учетом опыта эксплуатации лабораторных автоматизированных установок с замкнутым циклом было составлено техническое задание на проектирование опытно-промышленной установки полуоткрытого типа с большим рабочим объемом, предназначенной для инкубирования пелагической икры и подращивания личинок морских рыб. На основании этого задания ЦПКТБ Главного управления "Азчеррыба" был разработан технический проект и изготовлена техническая документация (рабочие чертежи) на установку (рис. 13). Объем воды ее составил 12 м³. Комплекс оборудования [102] автоматического устройства предназначен для инкубации искусственно оплодотворенной пелагической икры морских рыб и выращивания пелагических личинок до жизнеспособного малька, прошедшего стадию метаморфизма. Объектами культивирования также могут быть сельдевые, лососевые, окуневые, камбаловые и др.

A-A



26

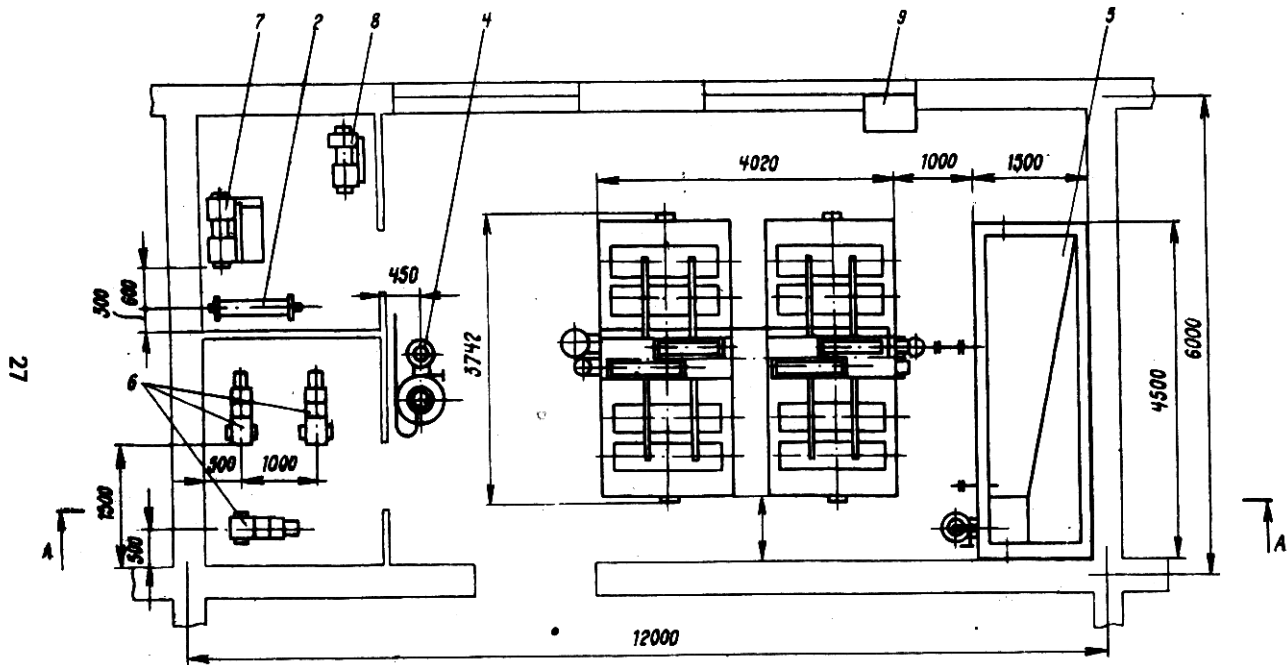


Рис. 13. Габаритный чертеж опытно-промышленной установки:

1 — выращиватели, 2 — ультрафиолетовый стерилизатор, 3 — механический фильтр, 4 — химический фильтр, 5 — резервуар, 6 — насосы, 7 — нагреватель, 8 — холодильник, 9 — кондиционер

Комплекс предназначен для рыбоводных предприятий Министерства рыбного хозяйства СССР, расположенных в прибрежной зоне внутренних морей с "условно" чистой водой. Полученная продукция молоди рыб может быть использована для товарного выращивания объекта на пастбищах с естественными кормами (лагуны, ограждения, заливы, лиманы, садки) либо в бассейнах и прудах с искусственным кормлением. Состав комплекса: 1) выращиватели молоди рыб; 2) система охлаждения и подогрева воды; 3) системы биологической, биохимической и механической очистки морской воды; 4) система пускозащитной аппаратуры и комплекса контрольно-измерительной аппаратуры.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПРИ РАЗВЕДЕНИИ МОРСКИХ РЫБ В ЗАМКНУТЫХ УСТАНОВКАХ

В созданных установках (рис. 14) изучалась динамика физико-химических условий и численности гетеротрофных бактерий при разведении кормовых организмов (одноклеточных водорослей, коловраток и артемий) и морских рыб, что имеет значение для изучения вопросов функционирования замкнутых экосистем. Необходимо было исследовать используемые установки на способность сохранять хорошее качество водной среды при содержании в ней организмов.

Определяли следующие параметры внешней среды: соленость, содержание кислорода, pH, количество аммиачного азота, нитритного азота, нитратного азота, фосфатов, окисляемость, численность гетеротрофных бактерий. Поддерживали на определенном заданном уровне температуру, освещенность, скорость протока.

Как известно, гетеротрофные бактерии участвуют в процессе нитрификации [29, 154]. В процессе работы оценивалось влияние озонирования и стерилизации на количество гетеротрофных бактерий в морской воде (табл. 3).

В каждом из 8 инкубаторов, составляющих одну из установок, находилось по 100 шт. икринок бычка-кругляка и по 125 шт. личинок после выклева. В систему с чистой морской водой были занесены взрослые герпактициды, численность которых составила в различных аквариумах от 1 до 6 шт.-мл⁻¹. Установка работала 67 сут. С помощью датчиков контролировали температуру, освещенность, pH, концентрацию кислорода. Определение солености, количества нитритов, нитратов и фосфатов проводили традиционными гидрохимическими методами. Физические параметры в системе задавали с учетом спланированного эксперимента. Из 8 инкубаторов в 4-поддерживали температуру от 13,8 до 14,6 °С, а в остальных — от 19,6 до 20,2 °С. В каждом из инкубаторов суточные колебания температуры воды не превышали 0,5 °С. Различная освещенность (100 и 900 лк) водной поверхности в инкубаторах через окно теплоизолирующего кожуха оставалось постоянной круглосуточно на протяжении всего эксперимента; pH менялся от 8,7 до 8,2. Концентрация кислорода поддерживалась на стабильном уровне 100 %-ного насыщения воды. Скорость протока в системе 130 л·ч⁻¹ при водообмене в инкубаторах 15 л·ч.

В инкубаторах с более высокой температурой воды отмечено более низкое содержание гетеротрофов. Это, очевидно, обусловлено интенсивно протекающими процессами деструкции растворенного и взве-

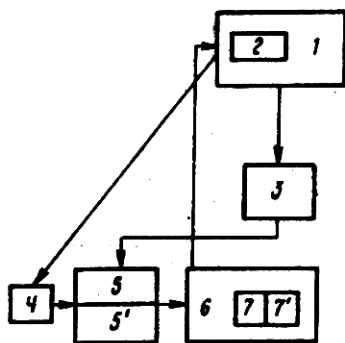


Рис. 14. Схема установки замкнутого цикла для разведения рыб: 1 — напорный бак, 2 — Уф-стерилизатор, 3 — культиватор, 4 — химический фильтр, 5, 5' — биологический фильтр, 6 — резервуар, 7, 7' — насосы

шенного органического вещества бактериями на фазе нитрификации азотного цикла.

С момента включения аэрации и озонирования до 45-х суток от начала эксперимента идет непрерывное увеличение содержания нитритов и гетеротрофных бактерий. После 50 сут параметры воды стабилизировались, количество нитритов и гетеротрофных бактерий уменьшалось. Часть биогенов азотного цикла может вовлекаться в круговорот микробильным населением [87]. Содержание фосфатов в течение эксперимента сначала увеличивалось, а к концу эксперимента уменьшалось. В отличие от минерализованных форм азота поступление в среду фосфатов для гетеротрофных бактерий не является

показательным. Для определения активности минерализации органических соединений фосфора в воде требуется изучение специфических группировок фосфорных бактерий [29].

Сравнение результатов, полученных на этой установке, с показателями зарубежной установки К.Хона и В.Чевина [147], свидетельствует о хорошем качестве водной среды в ней.

Чтобы представить общую картину состояния среды в разработанных нами установках с замкнутой циркуляцией воды обобщим имеющиеся данные при культивировании рыб (табл. 4). По ряду параметров вода в замкнутой системе не обладает стабильностью. Такие показатели среды, как содержание аммиака, нитритов, растворенного органического вещества (РОВ), гетеротрофных бактерий, отражают накопление органического вещества. Залитая в установку свежая морская вода, доставленная из открытого моря, характеризуется не только более низкими их значениями, но и большой вариабельностью. Учитывая изменения качества морской воды в замкнутой системе, ее следует заливать, предварительно отстояв в течение двух недель. Необходимо, чтобы системы были снабжены биологическим, химическим и механическим фильтрами. Резкое возрастание аммиака, нитритов, окисляемос-

Таблица 3. Изменение численности гетеротрофных бактерий под влиянием озонирования и стерилизации ультрафиолетом

Номер опыта	Способ воздействия	Время экспозиции, мин	Численность гетеротрофов, экз.
1	Контроль	—	3 145
2	Озонирование	15	14 115
3	То же	30	13 403
4	"	45	12 733
5	"	60	10 220
6	Стерилизация	30	27

Примечание. Объем воды 0,5 л.

30

Таблица 4. Качество морской воды из открытой части моря (10 миль от берега) и в замкнутой установке

Показатель	Открытое море	Количество проб	Пределы колебаний
pH	8,75±0,031	9	8,65—8,95
O ₂ , %	98,20±2,400	12	75,70—104,7
Количество гетеротрофных бактерий, кл/мл	1415±425,3	6	277—3392
Азот аммиака, мг/л	0	14	0,000—0,01
Азот нитритов, мкг/л	4,90±1,64	13	0,003—19,50
Окисляемость, мг O/l	7,20±0,35	13	1,39±6,85

Показатель	Вода замкнутой установки с нагрузкой	Количество проб	Пределы колебаний
pH	8,50±0,047	9	8,27—8,68
O ₂ , %	96,70±1,300	11	87,10—103,0
Количество гетеротрофных бактерий, кл/мл	164170±34777,9	22	3392—838119
Азот аммиака, мг/л	0,056±0,025	13	0,006—0,260
Азот нитритов, мкг/л	50,87±17,03	10	3,05—160,07
Окисляемость, мг O/l	8,30±2,37	10	2,66—27,00

ти и численности гетеротрофных бактерий наблюдается при наличии в установке икринок, личинок рыб и живых кормовых организмов (одноклеточные водоросли, коловратка, артемия). По мере уменьшения биологической нагрузки количество органического вещества в воде падает, увеличиваясь после внесения корма из фарша взрослых рыб и мидий, поэтому инкубацию икры и выдерживание личинок рыб до перехода на внешнее питание целесообразно проводить вне системы, отдельно.

В определенное время вода в замкнутых установках с развивающимися организмами сравнима с чистой морской водой. Так, например, количество гетеротрофных бактерий может падать до нескольких сот в 1 мл воды, нитриты уменьшаются до 1 мкг N·л⁻¹, окисляемость — до 1 мг O·л⁻¹. Это явление отражено в виде цикличности показателей в замкнутой системе (рис. 15). Поэтому личинки рыб, внесенные в установку при минимальном содержании в воде органики, попадают в среду с наименьшим ее количеством. Частая замена воды в установке должна способствовать нарушению стабильности условий водной среды. Обнаружена взаимосвязь содержания органического вещества с численностью гетеротрофных бактерий. Возрастание органического вещества в воде ведет к вспышке количества бактерий.

В установке в течение 17 сут определяли изменения некоторых гидрохимических параметров среды и численности гетеротрофных бактерий в зависимости от протока воды. При отсутствии протока первые 10 сут некоторые гидрохимические показатели были следую-

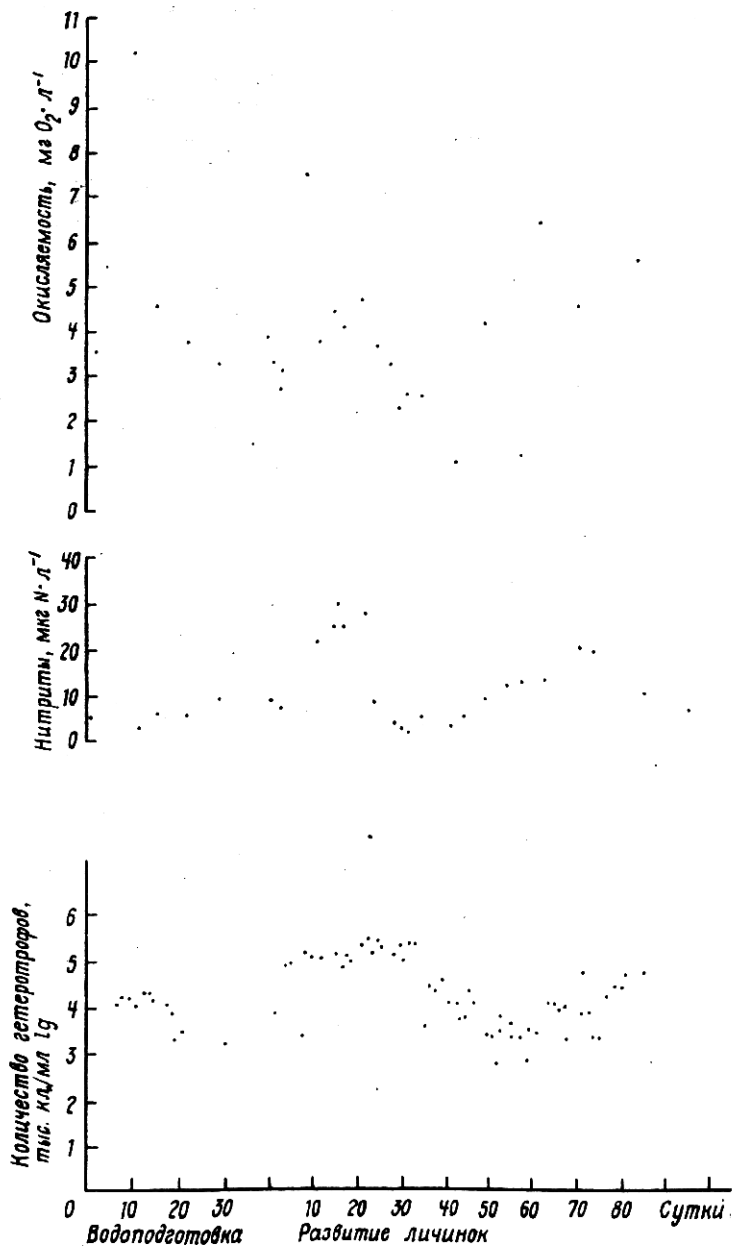


Рис. 15. Изменение показателей среды в многоступенчатом эксперименте

щие: насыщение кислородом 106,0–71,7 %, азот аммонийный 0,00–0,13 мг·л⁻¹, азот нитритный 1,0–115,0 мкг·л⁻¹, азот нитратный 200,0–5500,0 мкг·л⁻¹, окисляемость 4,190–6,602 мг О·л⁻¹. После включения протока уже через семь дней наблюдалось улучшение гидрохимических параметров: кислород возрос до 110 % (в основном за счет принудительной аэрации), нитриты снизились до 1,0 мкг N × л⁻¹, нитраты до 2900 мкг N·л⁻¹, окисляемость – до 1,4 мг О·л⁻¹.

Изучался гидрохимический режим при наращивании стартовых кормов (одноклеточных водорослей и коловраток) для личинок рыб в замкнутых системах при температуре воды от 18,0 до 22,5 °С, проточе воды 1–2 л·ч⁻¹ с увеличением последнего до 8–10 л·ч⁻¹ по мере возрастания количества коловраток, освещенности 600–800 лк. Начальная концентрация внесенных в замкнутую установку коловраток составляла 4 экз·мл⁻¹. Численность водорослей поддерживали на уровне 10³–10⁴ экз·мл⁻¹. Использовали два вида водорослей – *Platymonas viridis* и *Dunaliella zertiolecta*.

В процессе предварительной водоподготовки биологическая фильтрация воды в установке обеспечивала оптимальный режим нитрификации. Гидрохимические показатели среды в установке в начале эксперимента составляли: насыщение кислородом 100 %, содержание аммонийного азота 0,0 мкг·л⁻¹, нитритного азота – 0,9 мкг·л⁻¹, нитратного азота – 3,9 мг·л⁻¹, окисляемость – 3,63 мг О·л⁻¹. На 4-е сутки численность коловраток в системе возрастала, а вместе с нею увеличивалось и содержание биогенов. На 6-е сутки плотность популяции коловраток достигала около 0,027 мг·л⁻¹. Нитритный азот увеличился свыше 100 мкг·л⁻¹, а нитратный – до 17,9 мг·л⁻¹. Одновременно изменялась окисляемость, увеличиваясь от 3,6 мг О·л⁻¹ в начале эксперимента до 17,8 мг·л на 6-е сутки. В то же время ухудшился кислородный режим: насыщение воды кислородом снизилось до 63 % (рис. 16).

Культивирование коловраток в замкнутых системах представляет значительные сложности в связи с особенностями их экологии, а именно неспособностью противостоять току воды. Коловратки из-за малого

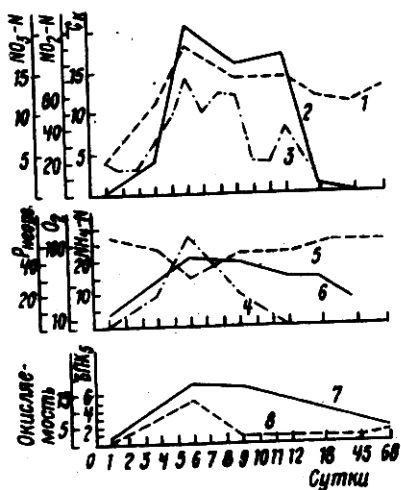


Рис. 16. Изменение гидрохимических показателей в установке при внесении кормов:
 1 – NO₃-N (мг N·л⁻¹), 2 – NO₂-N (мкг N·л⁻¹), 3 – Ск – концентрация коловраток (экз·л⁻¹), 4 – NH₄-N (мкг N·л⁻¹), 5 – O₂ (%), 6 – P_{норг} (мкг P·л⁻¹), 7 – окисляемость (мг·л⁻¹), 8 – BPK₄ (мг·л⁻¹)

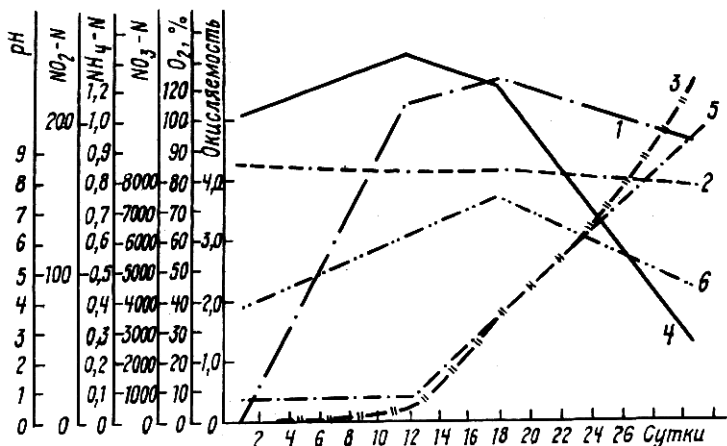


Рис. 17. Изменение гидрохимических показателей среды при содержании взрослой султанки:

1 — $\text{NO}_2\text{-N}$ ($\text{мг N}\cdot\text{л}^{-1}$), 2 — pH, 3 — $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\text{мг N}\cdot\text{л}^{-1}$), 4 — O_2 (%), 5 — окисляемость ($\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$), 6 — $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{мкг N}\cdot\text{л}^{-1}$)

удельного веса сносятся током воды на песчаный фильтр, прикрепляются к стенкам сосудов и становятся недоступными для личинок рыб, которые на этапе смешанного питания распределяются в средних горизонтах воды. Снижение протока до минимальных величин создает более благоприятные условия для наращивания коловраток, но приводит к ухудшению режима среды. Нагрузка на систему становится ощутимой уже после четырехсуточного наращивания коловраток. Одновременно резкое ухудшение всех исследуемых параметров среды указывает на недостаточность работы механизмов, стабилизирующих систему. Функционирование системы связано, как правило, с процессом аммонификации.

Экспериментально установлено, что небольшие уровни аммиака ($0,02\text{--}0,05 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$) оказывают отрицательное действие на личинок морских рыб в период смешанного питания. В то же время исследования толерантности личинок морских рыб на этом этапе показали, что они устойчивы к довольно высоким концентрациям нитритов и нитратов [133].

Одна из мер нормализации условий гидрохимического режима установки — это поиск оптимального количества коловраток для кормления личинок рыб, а также их перевод на питание в момент наименьшего содержания в среде органического вещества.

При содержании в установке семи взрослых особей султанки длиной 9–13 см в течение месяца наблюдали за изменением гидрохимических показателей (рис. 17). После гибели рыб на 30-е сутки наблюдалось резкое увеличение азота аммиака от 0,0 до $1,15 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$, что свя-

зано с разложением органики. Уменьшение нитритов объясняется сокращением выброса в воду жизненных выделений рыб. Нитраты уменьшились в связи с подавлением развития нитробактера аммиаком [35]. Некоторое понижение рН происходит в результате возрастания CO_2 и снижения содержания кислорода [155].

Анализ гидрохимических показателей водной среды замкнутых систем свидетельствует о том, что предлагаемые конструкции установок требуют технического совершенствования. Первостепенным остается вопрос обеспечения их более эффективным фильтром, нетоксичным материалом и чистой подготовленной водой.

РАЗВЕДЕНИЕ В ЗАМКНУТЫХ УСТАНОВКАХ ЖИВЫХ КОРМОВЫХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ЛИЧИНОК МОРСКИХ РЫБ

Без живых кормовых организмов невозможно осуществлять культивирование рыб. Кормовые объекты, применяемые для интенсивного культивирования рыб, должны быть питательными, быстрорастущими и иметь подходящие для выращивания молоди рыб размеры. Используемые корма должны хорошо переносить плотности намного большие, чем в естественных условиях.

РАЗВЕДЕНИЕ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Температурный оптимум для интенсивного наращивания культур одноклеточных водорослей 21–25 °С, диапазон солености 10–50 ‰, освещенность 10 тыс. лк на поверхности культиватора [116]. Монокультура водорослей была получена из отдела Экологической физиологии водорослей ИНБЮМ АН УССР.

В экспериментах использовались криптомонадовые, перидиновые, хламидомонадовые водоросли, а также неизвестный вид мелких жгутиковых из Северной бухты Севастополя. Данные, полученные по числен-

Таблица 5. Зависимость времени удвоения популяции колонноток от видового состава водорослей

Вид	T, °C	Время удвоения, сут	Концентрация используемых водорослей, кл
<i>Cryptomonas</i> sp.	21	2	1·10 ³
<i>Platymonas viridis</i>	21	0,9	1·10 ⁴
<i>Amphidinium klebsii</i>	21	3	5·10 ³
<i>Girodinium fissum</i>	21	2,5	5·10 ²
<i>Prorocentrum micans</i>	21	2,5	2,6·10 ³
<i>Nephrochloris salina</i>	21	1,3	4,6·10 ³
<i>Peridinium trophoideum</i>	21	2,1	1·10 ⁴
<i>P. triquetrum</i>	21	1,2	4,8·10 ³
<i>Exuviella cornata</i>	21	1,1	2·10 ⁴
<i>Glenodinium foiaeum</i>	21	1,0	3,4·10 ⁴
Мелкие жгутиковые	22	0,8	—
<i>Gymnodinium lanskyi</i>	21	Нет	2·10 ⁴
		воспроизводства	
<i>G. covalevsky</i>	21	То же	5·10 ⁴

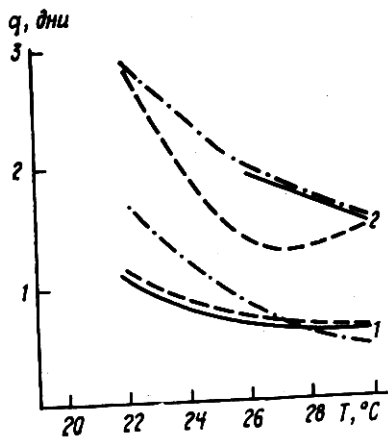


Рис. 18. Зависимость времени удвоения коловраток (q) от вида корма: 1 — *Platymonas viridis*, 2 — *Amphidinium klebsii*

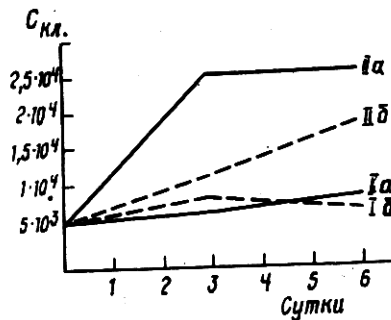


Рис. 19. Численность одноклеточных водорослей с разной концентрацией питательной среды Гольдберга и при разной температуре: а — 8-кратная среда Гольдберга, б — 1-кратная среда Гольдберга; I — температура 16 °С, II — температура 19 °С

ности водорослей, приведены в табл. 5. Наиболее подходящим водорослевым кормом для коловратки являются *Platymonas viridis*, *Dunaliella tertiolecta* и мелкие жгутиковые из Северной бухты. Культура платимоноса обеспечивает получение большей численности популяции за единицу времени (конец 4-х суток), чем *Amphidinium klebsii* (рис. 18).

При кормлении коловраток использовали смесь дрожжей и водорослей. Наибольший выход продукции коловраток наблюдался при использовании мелких жгутиковых и дрожжей ($379 \text{ экз.} \cdot \text{мл}^{-1}$), а на *D. tertiolecta* и дрожжах максимальная плотность коловраток составила $200 \text{ экз.} \cdot \text{мл}^{-1}$. На смешанной диете (*Platymonas* + *Dunaliella*) численность коловраток за 20 сут продолжительности кормления водорослями увеличивается в 5500 раз, а на монодиетах — в 1200–1500 раз [97].

С повышением температуры воды от 16 до 19 °С и добавлением среды Гольдберга до 8-кратного размера водоросли наращивались в 3 раза быстрее (рис. 19).

РАЗВЕДЕНИЕ КОЛОВРАТКИ (BRACHIONUS PLICATILIS)

Исходный материал по коловраткам для рыбоводства был взят нами в солоноватой луже Камышовой бухты Севастополя. Это эвригалинная свободноплавающая коловратка с широким диапазоном питания. Тело ее бокаловидное, разделяется на три участка: передний головной с ко-

Таблица 6. Изменение численности популяции коловраток в зависимости от температуры среды

Но- мер опы- та	Темпе- ра- тура, °С	Конечное число коло- враток	Время удво- ения, (q)	Сам- ки	Молодь
1	20	5	—	5	—
2	22	61	1,11	43	57
3	26	219	0,73	42	58
4	30	641	0,57	19	81

Примечания. Начальное число коловраток — 5. Освещенность 800 лк.

ловращательным аппаратом; туловищный, содержащий все внутренности; задний — ножной. Туловище покрыто тонким прозрачным панцирем, слабо сплюснутым дорзовентрально. Размеры коловраток без яиц варьируют от 100 до 200 мкм. Оптимальными условиями их культивирования являются температура 28–30 °С, соленость 18 ‰ [88].

Время удвоения популяции коловраток (q) зависит от температуры воды (табл. 6). При температуре 20 °С за 4 сут коловратки не успели дать потомство, у них только увеличивалось количество яйцевых клеток (от 2 до 5–7). С повышением температуры рост численности коловраток увеличивается, достигая максимального значения при 30 °С. Структура популяции изменяется в сторону увеличения количества молоди. Температура 22 и 26 °С определяет соответственно соотношение молоди и яйценосных самок как 1:1, а температура 30 °С — как 4:1. Перспективу развития популяции можно предвидеть исходя из данных качественной структуры. Вероятно, при 30 °С экспериментальная популяция коловраток вследствие интенсивного размножения и появления большого количества молоди достигает максимума за более короткий промежуток времени по сравнению с популяцией, выращиваемой при температурах 22 и 26 °С (табл. 6). Однако имеются сведения, что энергетические траты организма уменьшаются в переменном терморегиме для диапазона температур жизнедеятельности [31]. Понижение температуры замедляет потребление корма, но повышает значение липидного и углеводного составов их тела по сравнению с высокими температурами, при которых коловратки быстро потребляют пищу [151]. Поэтому можно предположить, что коловратки, выращенные в условиях пониженных температур, имеют большую кормовую ценность для личинок рыб.

Культивируя рыб, важно знать также эффект комбинированного влияния температуры и освещенности на темп воспроизводства корма — коловраток. Для этого проведен полный факторный эксперимент 3². В диапазоне температур 22–30 °С освещенность влияет на темп роста популяции: с ее увеличением темп роста замедляется. Наибольшее время удвоения (1,72 сут) при 2800 лк (T⁰ = 22 °С), наименьшее

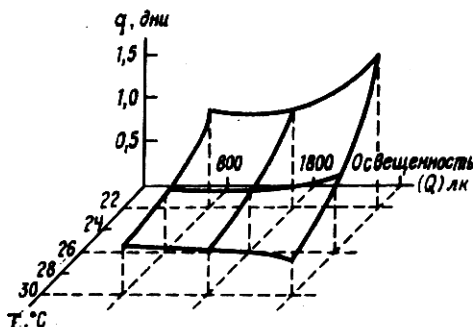


Рис. 20. Зависимость времени удвоения коловраток (q) от температуры и освещенности

(0,44 сут) — при 2800 лк ($T^0 = 30^\circ \text{C}$). При температуре 26°C на всех трех уровнях освещенности (800, 1800, 2800 лк) время удвоения популяции коловраток не отличается (0,74; 0,74; 0,80 сут) (рис. 20).

В замкнутой экосистеме концентрацию коловраток для выращивания личинок морских рыб первоначально (до 1979 г.) поддерживали на необходимом уровне своевременным внесением большого числа организмов извне. Коловраток, отцеженных от культуральной среды, вносили порционно в систему для кормления личинок рыб. Температура воды в аквариуме составляла $15\text{--}17^\circ \text{C}$ и была значительно ниже оптимальной для размножения коловраток. Эта разница в температурных режимах была главным образом причиной того, что одна часть коловраток, не успев адаптироваться к среде, продуцировала покоящиеся яйца, другая часть погибала и оседала на дно. Дополнительный отрицательный эффект оказывала постоянная циркуляция воды, из-за которой коловратки прикреплялись к стенам аквариума, к грунту или газу, что являлось причиной неравномерного распределения по объему аквариума. В результате большая часть привнесенных коловраток оказывалась недоступной для питания. Методика внесения извне коловраток в установку явилась нерентабельной для обеспечения личинок кормов. При этом была использована методика Брайна и др. [132] по выращиванию сигануса, которая впервые рекомендовала совместное содержание коловраток и личинок рыб.

В течение весенне-летнего периода 1979 г. в лаборатории культивирования морских рыб отдела ихтиологии ИнБЮМ АН УССР проведены эксперименты по разведению камбалы-калкан с наращиванием коловраток непосредственно в установке с замкнутым циклом водообеспечения. Освещенность на поверхности воды составляла 2000 лк. До начала эксперимента аквариум постепенно, с интервалом 2–5 см, наполняли профильтрованной морской водой соленостью 18‰. В установку добавляли зеленые водоросли и в дальнейшем их численность поддерживали на уровне $10^4\text{--}10^5$ кл·мл⁻¹. Подготовленную среду инокулиро-

вали культурой коловраток из расчета 4 экз.·мл⁻¹. Дальнейший рост популяции коловраток происходил при температуре воды 18 °С. Адаптированная к температурным условиям популяция коловраток начинает развиваться при 18 °С. В течение 8 сут плотность коловраток в системе растёт и, достигнув максимума, на 9–10-е сутки снижается. На 8-е сутки, когда мы наблюдали пик численности, концентрация коловраток на поверхности достигала 300 экз.·мл⁻¹, в толще — 57 экз.·мл⁻¹, у дна — 48 экз.·мл⁻¹. Структуру популяции коловраток составляли молодые самки без яиц, половозрелые самки с яйцами, сенильные самки и самцы. При этом 67,8 % суммарной средней концентрации в толще составляли молодые самки без яиц — 39 экз.·мл⁻¹. Начало питания личинок рыб в эксперименте совпадает с максимумом плотности коловраток.

При пониженных температурах в адаптированных культурах коловраток проводили не только подсчет численности популяции, но и количество амиктических самок и их плодовитость, молоди, миктических самок и самцов. Удельную скорость роста (r) коловраток вычисляли по формуле

$$r = \frac{\ln N_2 - \ln N_1}{t_2 - t_1},$$

где \ln — натуральный логарифм численности популяции в момент времени t [159]. Динамика изменения таких показателей коловраток, как их численность ($N_{\text{экз.}}$), соотношение миктических и амиктических самок ($\varphi_{\text{М}}/\varphi_{\text{А}}$), количество партеногенетических яиц на общую численность самок в популяции ($-E/N_{\text{пол}}$), средняя плодовитость амиктических самок — число партеногенетических яиц на одну особь ($-E/N_{\text{а}}$), выращенных на монодиетах *Pl. viridis* и *D. tertiolecta*, а также на полидиете этих двух видов одноклеточных водорослей, показана в табл. 7 [97].

Наблюдения за размножением коловраток в процессе раннего онтогенеза показали, что длительность эмбрионального развития равна 1,3 сут, время генерации 3,7 сут, репродуктивный период — 8 сут, число потомков за жизненный цикл — 14,5, продолжительность жизни — 12,5 сут, максимальной плодовитости самки достигают на 7–8-е сутки [97].

Учитывая данные индивидуального развития коловраток, считаем, что инокуляция инкубаторов для выращивания личинок рыб при 18–19 °С из расчета 0,5 экз.·мл⁻¹ обеспечит личинок необходимым кормом в зоне активного питания благодаря постоянному приросту коловраток на протяжении 8–10 сут и световой концентрации. Концентрирование коловраток до нескольких десятков штук на 1 мл достигается воздействием светового пучка [123]. Использование его позволило значительную часть коловраток агрегировать в толще, что повышает доступность их для личинок, допускает лучшую возможность водооб-

Таблица 7. Зависимость динамики некоторых популяционных параметров коловратки от различных кормов [97]

Продолжительность кормления, сут	Корм											
	Platymonas				Dunaliella				Смесь			
	$N_{экз.}$	$\frac{Q_M}{Q_A}$	E/N_{non}	E/N_B	$N_{экз.}$	$\frac{Q_M}{Q_A}$	E/N_{non}	E/N_B	$N_{экз.}$	$\frac{Q_M}{Q_A}$	E/N_{non}	E/N_B
0	20	—	—	—	20	—	—	—	20	—	—	—
5	202	—	0,69	2,19	114	—	0,93	2,94	130	—	0,69	2,12
6	120	—	0,29	1,08	113	—	0,96	2,67	—	—	—	—
8	177	—	1,49	2,47	177	—	1,25	2,64	205	0,04	1,20	2,09
11	546	—	0,68	2,14	444	—	0,97	2,57	647	0,05	0,53	2,56
12	837	—	0,50	1,68	638	0,04	0,48	2,10	1433	0,02	0,73	2,21
13	1190 (1170)	0,05	0,70	2,02	1640	0,11	0,63	2,19	2100 (2080)	0,06	0,57 (0,58)	2,45
15	2260 (2100)	0,09	0,71 (0,74)	2,32	2360 (2260)	0,23	0,50	1,63	4340 (4140)	0,13	0,52 (0,54)	2,07
18	9333 (8427)	0,37	0,42 (0,45)	1,83	8240 (8053)	0,18	0,45 (0,45)	2,09	18267 (18080)	0,18	0,59 (0,59)	2,08
19	15653 (14400)	0,13	0,66 (0,72)	2,04	20053 (18373)	0,32	0,61 (0,67)	2,47	39120 (37200)	0,08	0,68 (0,72)	2,05
20	27813 (24293)	0,15	0,74 (0,85)	2,27	33707 (29787)	0,48	0,58 (0,65)	2,26	121627 (111289)	0,22	0,39 (0,43)	1,94

Примечание. Цифры в скобках — значения параметров, рассчитанных без учета самцов.

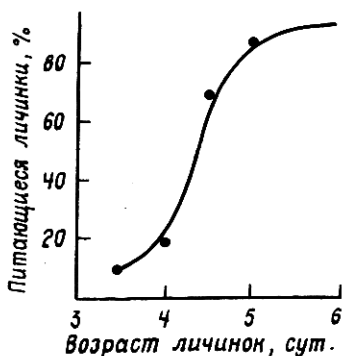


Рис. 21. Эффективность питания личинок камбалы-калкан на этапе смешанного питания

мена среды и позволяет получать большую численность организмов в толще воды при небольшой средней концентрации организмов в пересчете на весь объем. В световом пучке (при внесении в 50-литровый инкубатор 25 000 коловраток) истинная плотность достигает $0,5 \text{ экз.} \cdot \text{мл}^{-1}$ в пересчете на весь объем, а в зоне активного питания личинок рыб численность коловраток составляет $10 \text{ экз.} \cdot \text{мл}^{-1}$, что вполне удовлетворяет пищевые потребности разводимых организмов на первом этапе питания. Необходимую плотность коловраток (C) можно вычислить из уравнения

$$C = \frac{N}{V},$$

где N — количество коловраток, обнаруженных одной личинкой, ч ; V — объем воды, см^3 .

Допуская, что успешный захват кормовых организмов из общего числа обнаруженных составляет 10 %, а одна личинка калкана захватывает $9 \text{ экз.} \cdot \text{ч}^{-1}$ [19], то общее количество коловраток, встреченных личинкой в течение 1 ч, должно составлять 90 экз. Объем воды, облавливаемый одной личинкой за 1 ч, равен

$$V = \frac{S \pi r^2 (\alpha_1, \alpha_2)}{4},$$

где S — путь, пройденный личинкой; r — дистанция восприятия кормовых организмов; α_1 — угол восприятия жертв в горизонтальной плоскости, рад.; α_2 — угол восприятия жертв в вертикальной плоскости, рад.

Подставляя в уравнение полученные данные, находим, что личинка в возрасте 3,5–4 сут за 1 ч в состоянии обловить 35 см^3 объема, а необходимая концентрация коловраток должна составлять $3 \text{ экз.} \cdot \text{мл}^{-1}$. Анализ содержимого кишечника личинок 3,5–4-суточного возраста показал, что только незначительная их часть в этом возрасте в состоянии перейти на внешний корм (рис. 21). Однако по мере развития личинок повышается их активность, происходит закрепление рефлексов, связанных с добыванием пищи. 5-суточные личинки способны за 1 ч исследовать 60 см^3 , а необходимая плотность коловраток для осуществления успешных атак должна составлять около $1,5 \text{ экз.} \cdot \text{мл}^{-1}$ [105].

РАЗВЕДЕНИЕ АРТЕМИЙ (ARTEMIA SALINA)

Артемия представляет перспективную группу беспозвоночных с точки зрения их массового культивирования для целей рыбоводства [89]. Жизнь во временных, периодически пересыхающих водоемах (осолененных озерах, лагунах, лиманах) определила основные черты биологии этих рачков — высокую плодовитость, короткий жизненный цикл, нормальное развитие популяции в условиях высокой плотности, способность откладывать яйца, переносящие глубокие высухания и промерзание. Артемия является калорийной пищей для личинок рыб. Калорийность 1 г сухого вещества составляет 3,8 ккал [98]. В теле артемий содержится белков (%) — 57, жира — 18,4, углеводов — 5,2, воды — 86 [45].

В установках замкнутого цикла водообеспечения численность артемии 0,5—2 экз. мл достигалась капельным внесением.

В нашей работе использована сивашская раса артемии, из яиц которой получили при выклевке самцов и самок. Сивашская артемия отличается от куюльницкой по морфологическим признакам. Диаметр яиц, размеры науплиев и имаго больше у куюльницкой расы (табл. 8).

Способы хранения диапаузирующих яиц артемий разработаны в течение последних лет [18, 25, 26]. За рубежом яйца артемий высушивают под вакуумом при высокой температуре и хранят в запаянных ампулах, где они сохраняют способность к активному развитию в течение двух лет. К концу этого срока их выклев обычно снижается до 80%. Разработаны также методы стимуляции развития покоящихся яиц артемии [26, 27]. Активацию яиц осуществляют при положительных и при отрицательных температурах. Для улучшения всхожести яиц артемии широко применяется в мировой аквакультуре метод декапсулирования их раствором гипохлорида, при этом происходит растворение хитинообразного внешнего слоя яйца (декарбоксилирование). Метод обобщен в работе Л.В.Спектровой [89]. Следует отметить, что такой вид рыб, как карп, может потреблять в пищу декапсулированные эмбрионы.

При экспериментальном разведении морских рыб в замкнутых экосистемах декапсулирование использовано нами для получения подвижных науплиев артемии разного размера. Оно позволяет увеличить продукцию выклева у различных штаммов артемии. Освобождение от хитинообразного хориона эмбрионы артемии стерилизуются. Для декапсулирования яиц артемии используют гипохлорит натрия или кальция. Раствор готовят на 100 г яиц (к 50 г активного хлора добавляют 1,4 л морской воды, затем смесь азрируют 10 мин и отстаивают в течение 10—12 ч). Декапсулирование длится 10—15 мин. После этого эмбрионы отфильтровывают и тщательно промывают водопроводной или морской водой до исчезновения запаха хлора. От остатков хлора эмбрионы дезактивируют сульфитом натрия (из расчета 0,5 мл 1 %-но-

Таблица 8. Величина яиц, науплиев, имаго у артемий двух рас

Показатель, мм	Раса	
	сивашская	куяльницкая
Диаметр яиц	0,19	0,22
Длина науплиев	0,43	0,60
Длина имаго	12–15	15–17

Таблица 9. Влияние условий хранения яиц артемий на процент выклева науплиев

Условия опыта	Температура, °С	Выклев науплиев, %
Раствор рапы (50 %)	0–4	75
Влажный способ	0–2	60
Воздушно-сухой способ	12–14	20

го раствора на 100 г яиц) или тиосульфата натрия (из расчета 0,5 мл 1 %-ного раствора на 10 г яиц). Рекомендуется опущенные яйца артемий несколько раз опустить в 0,1 М раствор соляной кислоты, после чего промыть в проточной воде. Декапсулированные яйца артемий, обладающие отрицательной плавучестью, готовы к дальнейшей инкубации.

При положительных температурах яйца артемий хранят в трех состояниях. Были проведены исследования по оценке выклева науплиусов из яиц, хранящихся в разных условиях. Для этого по 100 шт. яиц артемий помещали в чашки Коха объемом 30 мл. Поиск оптимальных условий выклева проводили при различной температуре и солёности. Освещенность поддерживали с помощью рамной лампы дневного света. В течение 14 сут ежедневно производили отбор и подсчет выклюнувшихся науплиусов. Отмечено преимущество хранения яиц артемий в растворе рапы (табл. 9).

Перед посадкой яиц артемий на выклев необходимо проводить их гидратацию. Негидратированные яйца имеют форму спущенного шара диаметром 0,18 мкм, после гидратации они приобретают сферическую форму диаметром 0,19 мкм [162]. Гидратация яиц происходит с различной скоростью в зависимости от солёности среды. Так, наибольшее количество гидратированных яиц получили после выдерживания их в течение 2 ч на свету в 3 %-ном растворе NaCl (табл. 10).

Для концентрирования выклюнувшихся артемий используется устройство с терморегулированием, аэрацией воды, регулированием освещенности и спектра света [118]. Чтобы избежать скопления яиц в донной части из-за отключения продувки был разработан и изготовлен инкубатор-концентратор прямоугольной формы с инкубационным отсеком (500 × 500 мм) и сборником (250 × 500 мм). Уровень воды достигает 20 см. Отсеки перегорожены подвижной светонепроницаемой перегородкой и снабжены сливными патрубками, в инкубационном отсеке находятся нагреватели и распылитель воздуха, в сборнике — светильник. Инкубирование ведут при температуре 25–28 °С, продувке воздухом около 20 л·ч⁻¹. Через 48–60 ч приподнимают перегородку на 10–15 мм и включают светильник. Примерно через 30–40 мин, ког-

да артемии собираются в сборнике, перегородку опускают и оба объема освобождают.

Для изучения влияния плотности *Platymonas* на рост науплиев артемии была поставлена серия опытов при температурах 20, 25 и 30 °С, освещенности 50, 400, 750, 2500 л, плотности корма 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^6 кл·мл⁻¹. По истечении 12 сут в аквариумах с температурой воды 25 °С и освещенностью 2500 лк при нормальной плотности корма отдельные экземпляры при длине 15–18 мм были на стадии закладывания яйцевого мешка. В аквариумах с самой низкой плотностью корма при всех наблюдаемых температурах отмечена 100 %-ная гибель на 12-е сутки. К этому времени в аквариумах с плотностью корма 10^3 и 10^4 кл·мл⁻¹ науплиусы достигли стадии формирования 7–9-й пар филляпод при длине 3–4 мм. При посадке артемии в объемы с концентрацией корма 10^4 – 10^6 кл·мл⁻¹ через две недели они достигали половой зрелости и предельных размеров.

Из полученных нами данных можно прийти к заключению (табл. 11), что наибольшее количество науплиусов при постоянном количестве *Pl. viridis* 10^6 кл·мл⁻¹ получено от самок, содержащихся при температуре 25 °С. Освещенность на уровнях 800–2800 лк существенно не влияет на продукционные процессы самок.

Нами проанализирована возможность разделения долгохранящихся яиц артемии по удельному весу с помощью растворов разной солености. Для этого по предлагаемому способу [125] промывку яиц осуществляли при 15–25 °С в два этапа. На первом яйца промывали в воде соленостью 30–50 ‰, тщательно перемешивая и давая отстояться в течение 5–15 мин. Нежизнеспособные яйца, плотность которых меньше плотности воды, всплывают. Их отбраковывают путем слива. На втором этапе осевшие на дно емкости яйца вновь промывают в воде соленостью 250–300 ‰, перемешивая и отстаивая в течение 5–15 мин. Нежизнеспособные яйца после отстаивания имеют большую плотность окружающей воды и оседают на дно емкости. Осевшие яйца отбраковывают, а всплывшие являются жизнеспособными. В дальнейшем их отбирают для массового культивирования. Яйца последовательно помещают в растворы различной солености. Максимальная соленость в эксперименте — 400 ‰ — была выбрана с целью надежного перекрытия верхнего предела солености рапы в водах оз. Сиваш (300 ‰).

Таблица 10. Зависимость скорости гидратации яиц артемии от солености среды и срока выдерживания

Соленость, ‰	Количество гидратированных яиц, %	
	через 1 ч	через 2 ч
3	66	87
9	60	88
18	41	85

Таблица 11. Количество науплиев артемии (шт.), полученных от одной самки в зависимости от температуры и освещенности

Освещенность, лк	Температура, °С		
	20	25	30
800	121	200	166
1800	167	194	180
2800	156	236	128

Из всех фракций отобраны пробы. Яйца для каждой пробы в количестве 100 шт. просматривали под бинокляром и при явно поврежденной оболочке браковали. Плотность посадки 1 шт./мл⁻¹. Стаканы с исходным материалом помещали в ванну с водой, в которой поддерживалась постоянная температура 26 °С с помощью контактного термометра и терморегулятора. Освещенность равнялась 1200 лк. Через 48 ч после начала эксперимента большая часть всплывших яиц, соответствующих диапазону солености 30–100, 100–200, 200–300 ‰, выключулась, в то время как из более тяжелой фракции не вышло ни одного науплиуса. Процент выклева науплиев артемии зависит от солености среды:

Соленость, ‰	30–100	100–200	200–300	300–400
Выклев науп- лиев, %	75	63	64	0

РАЗВЕДЕНИЕ МОРСКИХ РЫБ В ЗАМКНУТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Успехи морского рыбоводства тесно связаны с получением посадочного материала — жизнестойкой молоди рыб. Только в этом случае возможен переход от экстенсивного способа ведения рыбоводства к интенсивному. При культивировании морских рыб в искусственных экосистемах исключается влияние таких мощных факторов, регулирующих численность икры и личинок в море, как пресс хищников, антропогенное воздействие и значительные колебания параметров внешней среды.

Два вида рыб — камбала-калкан и бычок-кругляк — Черного моря использованы нами как модельные объекты для изучения воспроизводства в искусственных условиях морских рыб. Эти виды отличаются биологией размножения и особенностями метаморфоза.

В настоящее время число осваиваемых марикультурой видов растительных и животных организмов составляет около 100. Особенно значительные результаты достигнуты в Японии, Великобритании, Норвегии, Франции, Италии и США. Как было сообщено на Всемирной конференции по аквакультуре (Венеция, 21–25 сентября 1981 г.), мировая продукция аквакультуры превысила в 1979–1980 гг. 8 млн по сравнению с 6,1 млн т и при этом она далеко не исчерпала своего потенциального развития [74]. На Черном море планируется вырастить рыбы 25 тыс. т [62].

Поскольку основная проблема в области рыбоводства — управление размножением и ранними этапами онтогенеза, наши исследования были направлены на изучение вопросов созревания половых продуктов, развития, роста личинок, их толерантности к различным факторам среды.

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИКРЫ, ЗМЕРИОНОВ И ЛИЧИНОК ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

Урожай молоди в естественных условиях определяется количеством выметанных половых продуктов, их качеством, условиями, в которых протекает развитие, обеспеченностью эндогенной и экзогенной пищей в период смешанного питания [71]. Выращивание жизнестойкой молоди рыб в искусственных условиях определяется этими же моментами. Изучая этот вопрос, мы прежде всего исходили из различий в плодовитости между бычком-кругляком и камбалой-калкан [94].

Таблица 12. Изменение количества ооцитов в зависимости от длины тела бычка-кругляка Черного моря

Длина тела рыб, см	Крупные		Средние		Мелкие		Общее число ооцитов	Количество экз.
	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее		
8,1—9,0	—	596	—	766	—	500	1862	1
9,1—10,0	646—844	671	528—808	645	180—436	249	1755	4
10,1—11,0	406—1308	717	158—896	595	146—680	357	1670	12
11,1—12,0	886—1686	1254	370—1132	752	76—504	349	2369	4
12,1—13,0	—	1322	—	564	—	292	2178	1
13,1—14,0	1094—1728	1411	1086—1218	1152	152—278	215	2678	2

Исследованы ооциты разных фаз трофоплазматического роста у 67 самок бычка-кругляка длиной 8,5—13,9 см и массой тела 14—51 г, собранных в нерестовые сезоны (апрель—май) в 1972—1974 гг. Для анализа использовали гонады только IV—V стадий зрелости. Стадии зрелости определяли по состоянию ооцитов старшей генерации. Ооциты периода вителлогенеза разделялись на крупные, средние и мелкие.

В экспериментальных условиях исследована 21 кладка от семи меченых самок длиной 10,5—14,3 см. Из них четыре самки содержались в аквариумах в течение года. Три самки длиной 10,5, 11,5 и 13,7 см были помещены в аквариум за три недели до нереста. Для гнезд использовали куски черепицы. В каждом гнезде с проточной морской водой (14 %) оставляли по две-три самки и по одному самцу с интенсивной меланизированной окраской и развитыми грудными плавниками. Самцы, как правило, постоянно охраняют кладки с икрой и находятся под черепицей. Самок кормили мясом мидий, самцу корм помещали под черепицу. Исследуемые самки на протяжении нерестового сезона откладывали в искусственных условиях две-три порции икры. В гонадах бычка-кругляка Черного моря в начале нереста (апрель) насчитывается от 1862 до 2678 шт. желтковых ооцитов, в зависимости от размеров самок (табл. 12).

Зависимость между количеством зрелой икры в порции (Y) и длиной тела самок (X) описывается (рис. 22) уравнением регрессии

$$\lg Y = 1,921 \lg X + 0,90.$$

Величина зрелой порции у отдельных самок одной размерной группы различается почти в 3 раза. Однако среднее количество икры в порции у самок размером 10—11 см в период исследований остается постоянным (табл. 13). На постоянное количество икры в порциях указывают Н.И.Куликова, В.Н.Фандеева [55] для азовского бычка-кругляка размером 8,5—9,0 см.

У бычка-кругляка мелкая группа желтковых ооцитов малочисленна. Поскольку очередная порция икры созревает в среднем через 16—20 сут, можно предположить, что от апреля к июню самка выметывает

две-три порции икры. К июню должна созреть группа мелких ооцитов, следовательно, должно уменьшиться количество зрелой икры в порции. Однако количество зрелой икры в гонадах в апреле и в конце июня не обнаруживает достоверных различий (табл. 14). В июле в пробах отсутствовали рыбы с гонадами IV—V стадий зрелости; очевидно, к этому времени нерест бычка-кругляка Черного моря в основном заканчивается.

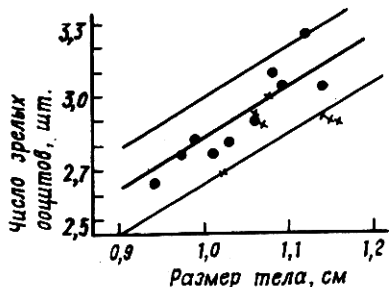


Рис. 22. Зависимость количества зрелой икры в порции от длины тела рыбы

Полевые и экспериментальные данные свидетельствуют о сходстве по содержанию зрелой икры в гонадах и кладках, отложенных в искусственных условиях. Наблюдения за нерестом бычка-кругляка в лабораторных условиях показали, что наибольшее количество кладок отложено самкой размером 10,5 см. От этой самки получили шесть порций икры с интервалом в среднем до 30 сут, а общее количество икры составляло 2862 шт. Сумма желтковых ооцитов у самок аналогичной длины в природных условиях в начале нереста составила 1670 шт. Такое увеличение количества икры можно объяснить формированием новых порций из ооцитов резервного фонда. Самка длиной 11,5 см выметала за сезон 2435 шт. икры, такое же количество желтковых ооцитов обнаружено в гонадах самок в естественных условиях. И только у самок максимальных размеров количество полученной икры ниже общей суммы желтковых ооцитов (табл. 15). Аналогичные данные получены для самок кругляков, которые содержались в аквариумах. Регулируемые условия в период эмбрионального и постэмбрионального развития обеспечивают максимальное выживание икры и мальков по сравнению с природными условиями. При эмбриональном развитии бычка-кругляка в искусственных условиях необходимо строго соблюдать температурный и газовый режимы. Колебания солености не могут быть лимитирующим фактором при развитии эмбрионов, так как нерест кругляка происходит в прибрежной зоне моря, порой сильно опресненной. Развитие икры, прикрепленной к субстрату в экспериментальных условиях, особенно в отсутствии самца, должно проходить при 100 %-ном насыщении кислородом, что достигается постоянным аэрированием воды. Реакция эмбрионов на дополнительное искусственное освещение также представляет интерес, так как в естественных условиях развивается икра в затемненных местах, под камнями, в отсутствии прямого воздействия солнечного света. Абсолютные морфологические признаки личинок бычка-кругляка приведены в табл. 16.

Личинки, выклюнувшиеся при разных температурах (от -10°C до 16°C), и по пластическим признакам существенно не различаются.

Таблица 13. Количество желтковых ооцитов в гонадах бычка-кругляка размером 10,0—11,0 см

Год	Крупные	Средние	Мелкие	Общая сумма	Количество рыб
1972	528±41	583±83	633±37	1742	7
1973	662±92	518±70	339±43	1519	8
1974	578±62	435±62	280±49	1293	13

Личинки-мальки бычка-кругляка после выклева обладают отрицательной реакцией на свет и не реагируют на пищу. Однако при выклеве пищеварительная система дифференцирована на пищевод и кишечник с зачатком петли в среднем отделе (рис. 23).

Морфологическая характеристика камбалы-калкан при переходе на экзогенное питание отражена в табл. 17. Изменение пропорций тела и его органов направлено на улучшение плавучести личинок, скорость плавания которых на этапе экзогенного питания увеличивается с 21,0 до 48 см·мин⁻¹ с подготовкой к переходу на питание более крупными кормовыми организмами.

Таблица 14. Количество желтковых ооцитов в гонадах бычка-кругляка в течение нереста самок длиной 10,0—11,0 см

Ооциты	Начало нереста (апрель)	%	Конец нереста (июнь)	%
Крупные	659±52	42	551±62	41
Средние	548±62	34	462±43	36
Мелкие	340±52	24	320±56	24

В литературе уделено мало внимания изучению основных биохимических веществ (липидов, гликогена, свободных аминокислот, белка) на ранних этапах развития рыб. Известно, что по мере развития с увеличением интенсивности дыхания скорость гликолиза растет [114]. Резкое снижение гликогена перед выклевом отмечено у зародышей карпа и карася [54, 78, 113]. Анализ качественного и количе-

ственного состава свободных аминокислот, участвующих в синтезе белка икры, эмбрионов и личинок рыб, представляет собой не только теоретический, но и практический интерес. Своевременное внесение важнейших аминокислот непосредственно в воду при их недостаточном содержании или отсутствии влияет на качество икры и личинок. Установлено, что внесение добавок из смеси аминокислот (гистидина, метионина, лизина) в первые 5—15 сут после вылупления личинок карпа повышает выживаемость последних на 31,3 % [38]. С целью предупреждения деформации позвоночника (сколиоз) молоди кеты в корм добавляли триптофан [161].

Сведения об интенсивности расходования липидов (особенно запасов желточного мешка) к концу эндогенного питания имеют большое значение для перевода личинок на внешний корм. Известно, что у личинок некоторых видов морских рыб желточный мешок резорбируется к моменту перехода на внешнее питание [39, 106], а у личинок *Sardipops caeruleus* — значительно раньше [111]. В случае отсутствия кормов

Таблица 15. Количество икры (шт.) в кладках бычка-кругляка в экспериментальных условиях

Длина самок, см	Номер кладки						Среднее	Общее
	1	2	3	4	5	6		
<i>Кратковременное содержание</i>								
10,5	333	480	560	539	490	520	470	2862
11,5	1099	679	663	—	—	—	811	2435
13,7	830	740	—	—	—	—	785	1770
<i>Длительное содержание</i>								
11,7	824	816	938	—	—	—	859	2578
12,8	755	727	668	—	—	—	716	2150
14,0	820	720	—	—	—	—	770	1540
14,3	780	729	—	—	—	—	754	1509

Таблица 16. Некоторые пластические признаки (мм) у личинок-мальков бычка-кругляка в момент выклева при разных температурах инкубации

Температура, °С	Длина тела, общая	Длина тела, стандартная	Диаметр глаза	Антеанальное расстояние	Длина желточного мешка
10	<u>6,7—7,6</u> 7,30	<u>5,4—6,2</u> 5,80	<u>0,6—0,8</u> 0,65	<u>3,3—3,6</u> 3,50	<u>1,9—2,1</u> 2,00
12	<u>6,4—7,1</u> 6,80	<u>5,5—6,0</u> 5,80	<u>0,6—0,8</u> 0,65	<u>3,2—3,5</u> 3,40	<u>1,8—2,2</u> 1,95
14	<u>6,0—6,9</u> 6,70	<u>5,0—5,7</u> 5,50	<u>0,60</u> 0,6	<u>3,3—3,4</u> 3,30	<u>1,9—2,0</u> 1,95
16	<u>6,9—7,8</u> 7,40	<u>5,6—7,3</u> 5,90	<u>0,6—0,8</u> 0,70	<u>3,3—3,6</u> 3,40	<u>1,7—1,8</u> 1,85

Температура, °С	Высота желточного мешка	Длина плавников		Высота тела	Длина головы
		грудных	анальных		
10	<u>1,3—1,5</u> 1,35	<u>1,3—1,5</u> 1,45	<u>1,3—1,5</u> 1,40	<u>1,7—1,9</u> 1,80	<u>1,3—1,9</u> 1,40
12	<u>1,2—1,7</u> 1,45	<u>1,0—1,5</u> 1,25	<u>1,2—1,5</u> 1,30	<u>1,9—2,1</u> 1,95	<u>1,3—1,5</u> 1,35
14	<u>1,2—1,5</u> 1,40	<u>1,2—1,5</u> 1,30	<u>1,3—1,7</u> 1,40	<u>1,7—1,9</u> 1,80	<u>1,4—1,5</u> 1,45
16	<u>1,0—1,4</u> 1,30	<u>1,4—1,6</u> 1,50	<u>1,6—1,65</u> 1,60	<u>1,6—1,8</u> 1,65	<u>1,2—1,6</u> 1,40

Примечание. Над чертой — пределы, под чертой — среднее.

к этому времени у личинок начинают расходоваться структурные компоненты тела, что резко снижает их жизнестойкость.

В печени и мышцах бычка-кругляка в течение нерестового периода обнаружено 20 свободных аминокислот, из них преобладают серин+треонин, глицин+аспарагиновая кислота. В отличие от мышц в печени

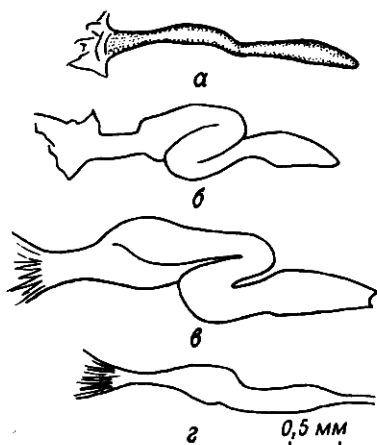


Рис. 23. Пищеварительная система бычка-кругляка Черного моря: а — при выклеве, б — у 8-суточных голодающих кругляков, в — у 8-суточных питающихся кругляков, г — у 26-суточных голодающих кругляков

кругляка отмечено повышенное содержание гистидина+аргинина. В гонадах кругляка также обнаружено 20 свободных аминокислот, из них незаменимые: гистидин, лизин, триптофан, фенилаланин, метионин, треонин, лейцин, валин; из заменимых: глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, аланин, серин, пролин. Нейтральные аминокислоты составляют 31–79 % (серин+треонин — 13–33 %, глицин+аспарагин — 9–26, тирозин+метионин+лейцин — 19). В наименьшем количестве присутствуют ароматические аминокислоты (пролин — 0,5–5, триптофан — 0,8–3 %) и фенилаланин (табл. 18).

Развивающаяся икра бычка-кругляка отличается повышенным содержанием серина, треонина, ас-

Таблица 17. Морфологические показатели личинок камбалы-калкан при внешнем питании*

Возраст, сут	Длина тела, мм	Высота тела, %	Длина головы, мм/%	Высота головы мм/%
7	3,82–4,27	21,2	0,79	0,79
			21,6	17,8
8	3,80–4,45	21,9	0,88	0,82
			23,5	21,8
9	4,90–5,30	26,9	1,05	0,86
			25,1	23,1
10	4,23–5,40	28,3	1,11	—
			26,3	—
11	4,32–6,00	28,6	1,31	1,12
			26,0	26,1

Возраст, сут	Длина, мм			Характеристика оптики глаза, мм		
	верхней челюсти	жировой капли	плавательного пузыря	Горизонтальный диаметр	Диаметр хрусталика	Фокусное расстояние
7	0,229	0,148	0,220	0,270	0,090	0,115
8	0,296	0,080	0,230	0,301	0,095	0,119
9	0,330	0,045	0,240	0,371	0,137	0,140
10	0,370	0,030	0,270	0,408	0,142	0,150
11	0,390	0,020	0,280	0,437	0,152	0,170

* Данные таблицы предоставлены Ю.Е. Битюковой.

Таблица 18. Изменение содержания свободных аминокислот (% общей суммы кислот, в кладках бычка-кругляка)

Этап развития	Цистин	Орнитин	Лизин	Гистидин+аргинин	Аспарагиновая+глутаминовая кислоты	Серин+треонин
IV	2,2	3,0	3,3	6	12,9	16,0
V-VI	3,2	2,8	2,7	10	15,3	18,1
VIII-IX	2,2	2,1	2,7	8	16,1	16,5
X	1,0	4,0	3,0	13	13,0	19,5

Этап развития	Глицин+аспарагин	Аланин	Глутамин+аспарагин	Тирозин+метионин+лейцин	Пролин	Фенилаланин	Триптофан
IV	14,5	4,0	10,6	16,5	2,5	5,5	3,0
V-VI	16,0	2,2	7,6	12,9	3,0	2,4	2,8
VIII-IX	15,6	3,0	10,2	14,8	2,3	3,7	2,8
X	12,5	3,0	6,5	15,0	2,0	5,5	2,0

парагиновой кислоты, фенилаланина, триптофана. По мере развития икры происходит снижение относительных величин серин+треонин глицина, аспарагиновой кислоты, но при этом происходит увеличение процентного содержания фенилаланина, метионина, лейцина, пролина. К концу развития и формирования зародыша существенно увеличивается относительное содержание фенилаланина+триптофана (табл. 19).

Гонады бычка-кругляка отличаются повышенным содержанием липидов с преобладанием триглицеридов. Более высокие значения абсолютных величин компонентов липидов бычка-кругляка связаны с более крупными размерами икры. Икра бычка-кругляка в несколько раз крупнее пелагической икры калкана, больший ее диаметр достигает 3,4—4,5 мм, меньший — 2,0—2,5 мм. При развитии икры бычка-кругляка на стадии бластулы возрастает содержание гликогена и липидов. Резкое снижение их происходит к десятому этапу развития эмбрионов и особенно в течение свободного образа жизни личинок (рис. 24).

У бычка-кругляка в периоде эмбрионального развития формируются органы. Выключившиеся личинки способны начать питаться в те-

Таблица 19. Изменение содержания свободных аминокислот (% общей суммы кислот) в тканях и органах бычка-кругляка на протяжении нереста

Месяц	Мышцы		Печень		Гонады	
	III-IV, IV	V	III-IV, IV	V	III-IV, IV	V
Апрель	57	82	49	55	75	80
Май	60		54	68	73	70
Июнь	32	61	24	45	38	66

Примечание. III-IV — стадии зрелости.

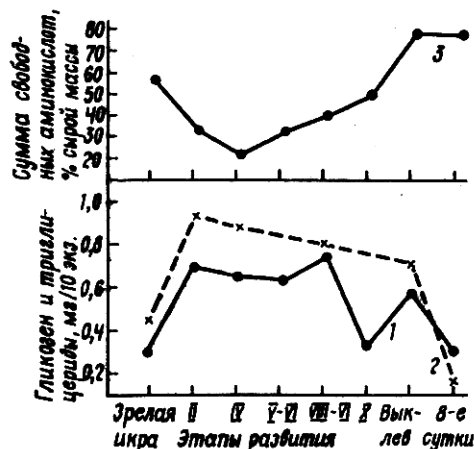


Рис. 24. Изменение содержания гликогена (1), триглицеридов (2) и суммы свободных аминокислот (3) на ранних этапах развития бычка-кругляка

ние первых суток. Период эндогенного питания обеспечивает нормальную жизнедеятельность личинок в течение первых 7–8 сут. В это время в значительной степени расходуются триглицериды. Сумма свободных аминокислот сохраняется за это время на одном уровне. В случае отсутствия экзогенной пищи белковый рост прекращается на 7-е сутки. Более длительное голодание в течение 16 сут не вызывает функциональных нарушений отдельных органов и систем [57]. Сравнительно большие питательные запасы на ранних этапах жизни бычка-кругляка повышают их устойчивость к воздействию абиотических факторов [15].

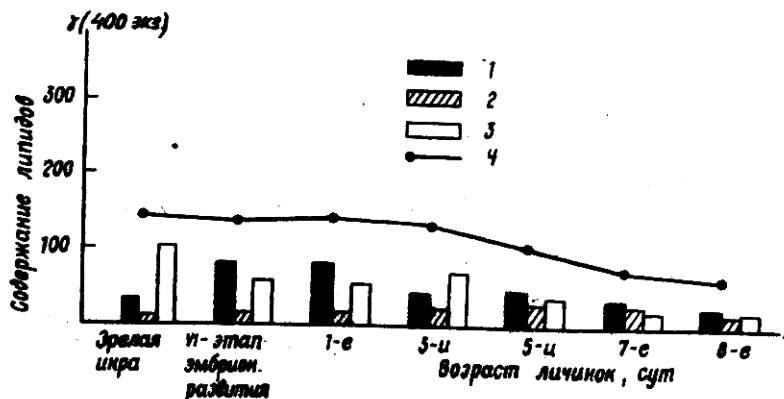


Рис. 25. Содержание липидов у камбалы-калкан в зрелой икре при эмбриональном и личиночном периодах развития
1 — фосфолипиды, 2 — холестерин, 3 — триглицериды, 4 — сумма фракций липидов

Уровень липидов, гликогена, белка в икре может отражать характер "адаптивных" приспособлений в постэмбриональный период жизни. Низкое содержание липидов отмечено для икры и для личинок камбаль-калкан (рис. 25). В связи с этим и период перехода личинок калкана на внешнее питание очень кратковременный и ответственный. У камбалы, имеющей пелагическую икру с малым запасом энергетических веществ, необходимый уровень воспроизводства достигается высокой плодовитостью. Балтийская речная камбала, отличающаяся большей относительной плодовитостью и более мелкой икрой, характеризуется вместе с тем меньшей жирностью гонад [111].

На основании биохимических исследований икры, эмбрионов и личинок морских рыб можно прогнозировать сроки безопасного голодания, продолжительность перехода на внешнее питание, а также своевременно производить добавки биологически активных веществ, что имеет большое значение в морском рыбоводстве.

С общебиологических позиций интерес также представляет сравнение разводимых рыб по используемым показателям с другими видами рыб Черного моря, отличающихся своей экологией (ставрида — *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev; султанка — *Mullus barbatus ponticus* Essipov; скорпена — *Scorpaena porcus* (L)). У малоподвижных "тощих рыб" — скорпены и бычка-кругляка — уровень липидов и гликогена мышц низкий и динамика их в период нереста сходна. Ставрида и султанка характеризуются преобладанием в мышцах липидов, причем по мере созревания гонад происходит резкое снижение липидных фракций. Изменчивость гликогена в печени разных видов рыб выше, чем в мышцах. Относительное содержание гликогена в печени колеблется от 300 до 900 мг % (табл. 20). Максимальное количество гликогена отмечено в печени скорпены [117]. По сравнению с другими видами рыб гонады султанки и ставриды отличаются повышенным содержанием липидов. Среди липидных фракций преобладают триглицериды, содержание которых в 10 раз выше, чем других компонентов. Количество таких фракций, как фосфолипиды и холестерин, сохраняется на одном низком уровне (рис. 26).

Таким образом, ставрида и султанка, несмотря на различия в биологии, имеют одинаковый характер динамики жирности [114] и фракционный состав белков сыворотки крови [53]. В период нереста в качестве энергетического источника в основном используются липиды, но у ставриды минимум жирности отмечен в июне, после чего идет ее накопление в связи с подготовкой к зимовальной миграции. Созрева-

Таблица 20. Содержание гликогена (мг %) в гонадах IV стадии зрелости у разных видов рыб Черного моря

Вид	Количество проанализированных рыб	Количество гликогена
Султанка	34	122,0±93,0
Ставрида	23	69,0±28,7
Скорпена	8	302,9±39,8
Бычок-кругляк	23	244,0±33,0

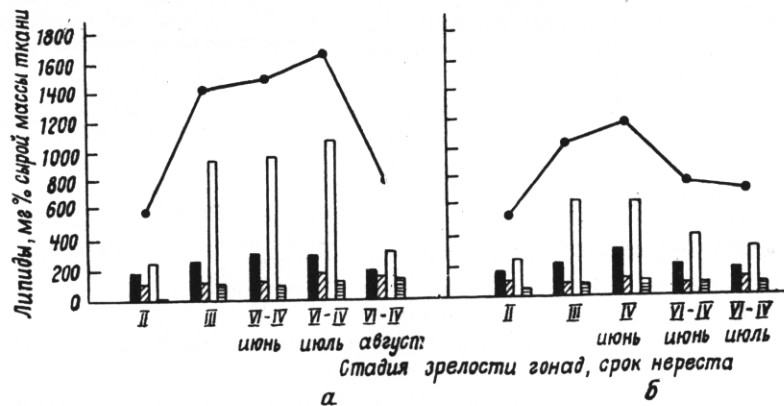


Рис. 26. Динамика количественного и качественного состава гонад в период созревания кан (Г), скорпены (Д); 1 — фосфолипиды, 2 — холестерин,

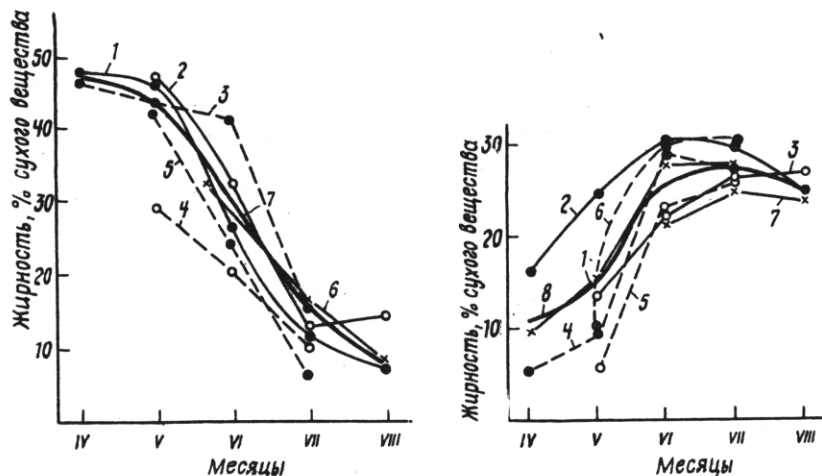
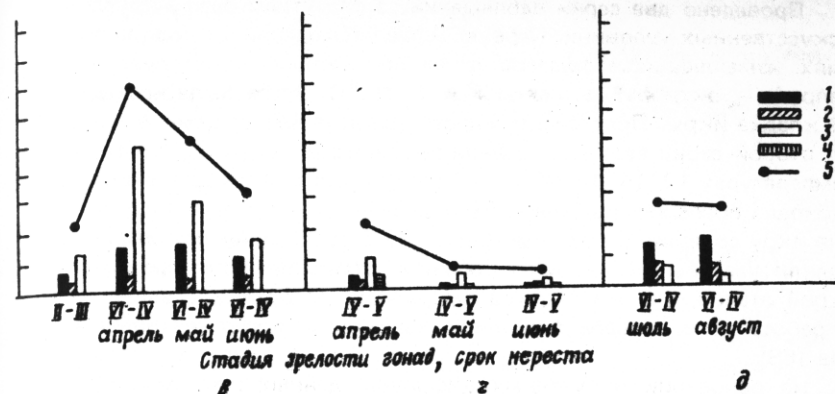


Рис. 27. Изменение жирности мышц султанки в процессе нереста: 1 — 1968 г., 2 — 1969 г., 3 — 1970 г., 4 — 1971 г., 5 — 1972 г., 6 — 1973 г., 7 — многолетняя средняя

Рис. 28. Изменение жирности гонад султанки в процессе нереста: 1 — 1967 г., 2 — 1968 г., 3 — 1969 г., 4 — 1970 г., 5 — 1971 г., 6 — 1972 г., 7 — 1973 г., 8 — многолетняя средняя

ние гонад султанки происходит на фоне постоянного снижения мышечных липидов (рис. 27). В разные годы расхождение и накопление запасных липидов будет различными, так как годовые колебания условий нагула нерестового стада могут изменять сроки нереста и уровень максимального накопления липидов в зрелых гонадах (рис. 28).



вания нереста у ставриды (А), султанки (Б), бычка-кругляка (В), камбалы-кал-3 — триглицериды, 4 — эфиры стерина, 5 — общая сумма фракций

В условиях растянутого нереста довольно трудно установить долю участия депонированных липидов, гликогена, белков в генеративном обмене, так как запасы постоянно пополняются за счет интенсивного питания во время нереста. У исследованных рыб к концу порционного нереста наблюдается тенденция к снижению запасов липидов, гликогена и общей суммы свободных аминокислот. С позиции морского рыбоводства можно предположить, что жизнестойкость личинок, выключившихся в конце нерестового периода, понижается.

РАЗВЕДЕНИЕ БЫЧКА-КРУГЛЯКА (NEGOBIUS MELANOSTOMUS PALLAS) ЧЕРНОГО МОРЯ

При разработке технологического процесса выращивания бычка-кругляка Черного моря нам нужно было изучить воспроизводительную способность бычка-кругляка в искусственных условиях; выявить оптимальный режим инкубации икры и выращивания личинок; оценить запасы эндогенной пищи и ее траты у личинок-мальков кругляка; исследовать толерантность личинок-мальков к условиям голодания и к искусственным условиям; получить потомство от производителей, выращенных в искусственных условиях. Содержание бычка-кругляка в искусственных условиях не отражается отрицательно на воспроизводительной способности рыб. При правильном подборе производителей и создании благоприятных факторов среды возможно увеличение индивидуальной плодовитости (по сравнению с естественными условиями). Регулируемые условия среды в период эмбрионального и постэмбрионального развития обеспечивают максимальное выживание икры и мальков по сравнению с природными условиями.

Проведено две серии наблюдений за развитием бычка-кругляка в искусственных условиях. Первую серию наблюдений проводили в условиях изменяющихся температур на протяжении нерестового сезона (апрель — октябрь) в диапазоне 14—21 °С. Всего была исследована 21 кладка икры. Продолжительность развития (D) выражали в сутках. Во второй серии вели наблюдения за развитием икры при постоянных температурах 12, 14, 16, 20 и 24 °С в установке. Икру для наблюдений отбирали после завершения гастрюляции — IV этап, после оплодотворения икру содержали при температуре 17,5 °С. В конце развития производили учет выключившихся личинок, отмечали время прохождения икрой этапов, учитывая отход эмбрионов, а также ход вылупления. В работе использовали поэтапную характеристику развития эмбрионов [68].

На основании полученных цифровых данных построена кривая, отражающая зависимость продолжительности инкубации от средних температур, которая приближается к оси ординат (рис. 29). В результате установлена зависимость для этого вида сроков инкубации от наблюдаемой температуры, т.е. по мере ее повы-

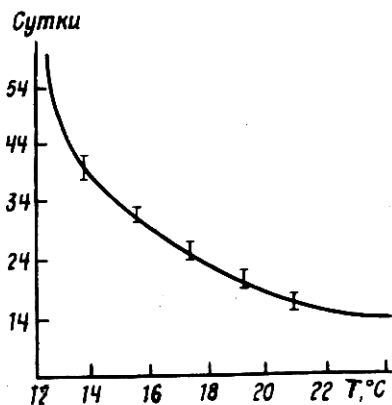


Рис. 29. Продолжительность развития икры бычка-кругляка в зависимости от температуры

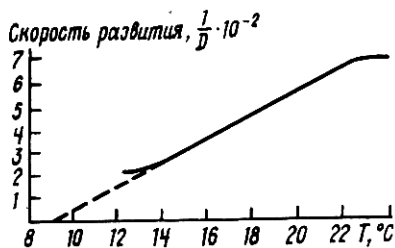


Рис. 30. Скорость эмбрионального развития бычка-кругляка Черного моря в зависимости от температуры

шения длительность эмбриогенеза сокращается. При этом скорость развития ($1/D$) — величина, обратная продолжительности развития, при повышении температуры на 1 °С она увеличивается (рис. 30). Развитие бычка-кругляка мы рассматривали в зоне природных нерестовых температур, поэтому большинство точек, отражающих скорость развития, располагаются на прямой линии. И только в крайних точках, при максимально повышенных температурах 22—24 °С, а также минимальных — 12,5—13,5 °С — наблюдается отклонение линейной зависимости скорости развития от температуры. Найденная сумма в градусо-днях на протяжении исследуемых температур колеблется от

174,0 до 199,0 и остается относительно постоянной в интервале 15,5–20,5 °С.

При изучении продолжительности отдельных этапов развития при постоянных температурах построены кривые развития IV–VII, VIII, IX–X этапов (рис. 31). Самый продолжительный этап развития – последний, который длится более 35 сут. Продолжительность развития VIII этапа в исследуемом диапазоне температур составляет от 3 до 14 сут. Начальные этапы IV–VII длятся при разных температурах от 5 до 13 сут, т.е. по длительности развития приближаются к VIII этапу. Зависимость между скоростью развития и температурой среды на различных этапах искубации отражена на рис. 32. Как видно, линейная зависимость сохраняется в диапазоне 12–22 °С. Что касается последних этапов, линейная зависимость между скоростью развития и температурой наблюдается в диапазоне 15–24 °С. Известно, что бычок-кругляк нерестится в весенне-летний период и эмбриогенез протекает в условиях постоянного повышения температуры. В.К.Расщеперин [79] указывает на созревание самок кругляка при температуре воды у дна 10,5 °С. В апреле – июле вода побережья про-

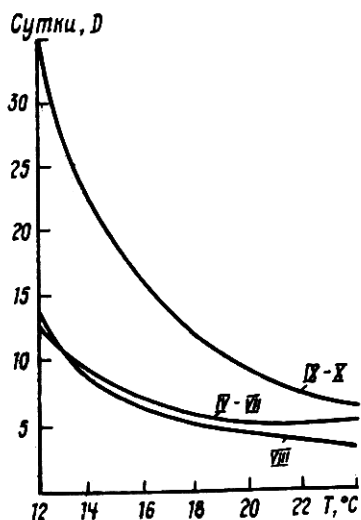


Рис. 31. Продолжительность развития отдельных этапов (римские цифры) икры бычка-кругляка в зависимости от температуры

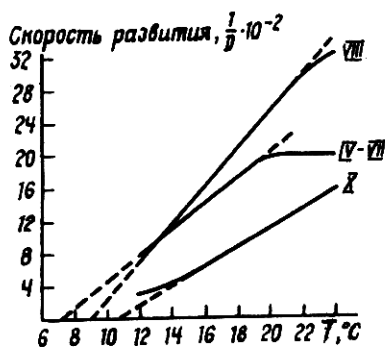


Рис. 32. Скорость развития отдельных этапов (римские цифры) икры бычка-кругляка в зависимости от температуры

гревается свыше 20 °С. Полученные экспериментальные данные указывают, что развитие икры кругляка возможно даже при 7 °С, однако окончательного формирования эмбрионов при данной температуре не происходит. Уже при 12 °С эмбрионы бычка-кругляка развиваются нормально, характерных аномалий и отклонений морфологических признаков не выявлено, самостоятельного выклева в течение 56 сут не происходит.

Окончательное формирование эмбрионов на X этапе должно происходить при температуре выше 12°C . В целом температурная зона для развития икры находится в интервале $9\text{--}24^{\circ}\text{C}$, при этом граница максимальных температур лежит, возможно, и выше 24°C . Диапазон $15,5\text{--}19,5^{\circ}\text{C}$ наиболее благоприятный для развития бычка-кругляка, так как на этом участке зависимости скорости развития от температуры определяется наиболее сбалансированное развитие и рост эмбрионов при постоянстве сумм температур, что в дальнейшем, безусловно, будет сказываться на судьбе молоди бычка-кругляка. Границы "оптимальных" температур можно расширить, если учитывать термочувствительность основных этапов. Так, для начальных этапов развития икры бычка-кругляка правило постоянства сумм 1576 градусо-часов сохраняется в диапазоне $13\text{--}19^{\circ}\text{C}$. VIII этап подчиняется этому правилу в интервале $14\text{--}22^{\circ}\text{C}$ при сумме температур 1056 градусо-часов и, наконец, завершающий этап сохраняет постоянную сумму температур 2052 градусо-часов при $16\text{--}22^{\circ}\text{C}$. Таким образом, по мере роста и развития эмбрионов верхняя граница оптимальных температур увеличивается от 13 до 16°C , нижняя — до 22°C , при этом сумма тепла возрастает $1,3$ раза к концу X этапа.

В результате анализа данных по термочувствительности отдельных этапов развития икры бычка-кругляка мы пришли к выводу, что при оптимизации режима ее инкубирования (уменьшения срока инкубации и увеличения выживаемости) необходимо задавать режим повышающих температур и придерживать принципа, чтобы развитие всех этапов шло в зоне линейной зависимости скорости развития от температуры. Такому принципу соответствует режим, при котором первые $7\text{--}10$ сут инкубирования проводят при температуре $14\text{--}16^{\circ}\text{C}$ вплоть до начала пигментации глаз у эмбрионов. Затем в течение $5\text{--}6$ сут температуру повышают до $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$; после закладки брюшных плавников температуру увеличивают еще на $2\text{--}3^{\circ}$, так, чтобы к моменту выклева личинок она не превышала $22\text{--}23^{\circ}\text{C}$. Выклюнувшиеся личинки при наблюдаемых температурах находятся на одинаковом уровне развития, по размерам и по пластическим признакам они не различаются (см. табл. 19). Из икры, инкубируемой при $12\text{--}13^{\circ}\text{C}$, выклеваются активные личинки с развитыми парными плавниками, хорошо развитой пигментацией глаз. В диапазоне высоких температур $20\text{--}24^{\circ}\text{C}$ наряду с уменьшением длины личинок увеличивается вариабельность формы тела (рис. 33), при этом коэффициент вариации свыше 5% . Е.С.Слущкий [86] отмечает у белого амура, что с увеличением коэффициента изменчивости длины тела до $5\text{--}6\%$ возрастает количество личинок, отставших в росте.

В случае инкубирования икры и выращивания личинок бычка-кругляка в автоматизированных установках с соблюдением температуры и газового режима выживаемость эмбрионов 99% , личинок — более 80% . До 13% отхода икры отмечено при минимальной продолжительности

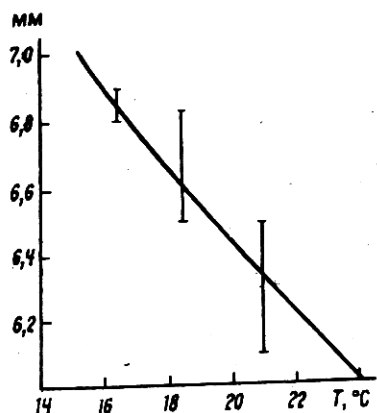


Рис. 33. Зависимость размеров личинок (мм) бычка-кругляка при выклеве от температуры инкубации икры

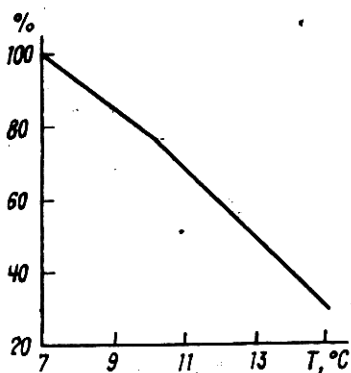


Рис. 34. Отход икры бычка-кругляка (%) в зависимости от продолжительности развития

развития — 12 сут, с увеличением сроков инкубации до 2122 ч смертность снижается (рис. 34). Отход икры до 15 % бывает в том случае, когда развитие начинается при температуре 19–20 °С, которая затем снижается до 15 °С. Такой ход температурной кривой характерен для сентября-октября, при этом, как нами отмечено, нерест кругляка в экспериментальных условиях заканчивается. Выживаемость икры бычка-кругляка Черного моря в естественных условиях составляет 88 % [47]. Безусловно, такой выход возможен в условиях нормального гидрохимического режима прибрежной зоны и нормальных условий для нереста производителей.

Уровень освещенности 80–800 лк не оказывает влияния ни на продолжительность развития, ни на время выклева (табл. 21). В искусственных условиях целесообразно проводить инкубацию икры в диапазоне 200–400 лк, так как более сильное освещение дает избыток тепла, нежелательный в лабораторных помещениях.

Таблица 21. Влияние освещенности на продолжительность развития икры и выклева личинок бычка-кругляка при разных температурах в замкнутой установке

№№ серии	Температура, °С	Освещенность, лк	Продолжительность развития, сут	Продолжительность выклева, сут
I	14	80	32–43	6–9
	20	800	15–18	3
II	14	800	32–43	8–9
	20	80	16–19	3

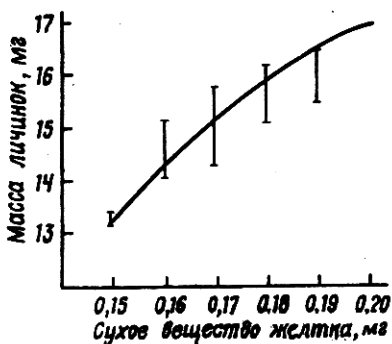


Рис. 35. Зависимость массы сухого вещества личинок бычка-кругляка при выклеве от массы желточного мешка икры

сырой массы вещества. Желток содержит до 50 % влаги и усваивается длительное время. Липидные фракции в оплодотворенной икре бычка-кругляка распределяются следующим образом: свободный холестерин — 8 %, фосфолипиды — 15 и триглицериды — 77 общей суммы этих фракций. Содержание липидов в икре из разных кладок колеблется в небольших пределах. У выклюнувшихся личинок сохраняется зависимость их массы от исходной массы желточного мешка икры (рис. 35).

Период эндогенного питания длится 7–8 сут, в зависимости от температуры среды. В этот период мы отмечаем у личинок преобладание линейного роста над весовым. Средние относительные линейные приросты за весь период эндогенного питания составляют 16–18 %, в то время как средние весовые приросты 13–14 %. Линейный рост личинок приостанавливается за несколько дней до полной резорбции желточного мешка, так как его остаточные запасы обеспечивают в дальнейшем только энергетические траты личинок. Наряду с замедлением роста личинок отмечается снижение сухого вещества их тела. Однако уменьшения сырой массы не отмечено, а наоборот, она незначительно увеличивается за счет возрастания содержания влаги. Количество последней в период раннего онтогенеза закономерно увеличивается от икры личинок 8-суточного возраста. Соотношение сырой массы к сухому веществу желточного мешка в икре, личинках после выклева и в конце эндогенного питания соответственно составляет 1,97; 3,75; 5,02. Отмеченное нами прекращение роста и накопление воды в теле непитающихся личинок на 7–8-е сутки их жизни свидетельствуют о наступающих нарушениях белкового синтеза растущего организма. Во время только эндогенного питания в теле личинок происходит резкое уменьшение главным образом самой энергоемкой фракции — триглицеридов. Сумма фракций липидов уменьшается с 0,9 мг на 10 экз. ик-

Из-за большого содержания влаги — до 75–80 % массы — оболочка икры бычка-кругляка может быть растянута в разной степени перивителлиновым пространством. Отношение минимальной длины икры к максимальной от одной самки составляет 0,89, от разных самок — 0,84. Наиболее объективной характеристикой качественного состояния икры бычка-кругляка является состав питательных веществ желтка. Его минимальная масса при диаметре 2,2–2,5 мм составляет 0,015 мг, или 36–38 % сухой массы вещества и 83–86 %

Таблица 22. Линейный (мм) и весовой (мг) рост личинок бычка-кругляка Черного моря в зависимости от сроков перевода на внешнее питание

Номер опыта	Дни кормления личинок	8 суток			16 суток
		Длина	Относительный рост, %	Масса	Относительный рост, %
I	1-4	$\frac{8,9-9,4}{9,1}$	28	$\frac{8,3-9,7}{9,2}$	30
II	3-6	$\frac{8,0-9,1}{8,7}$	23	$\frac{8,2-10,0}{9,1}$	29
III	5-8	$\frac{8,8-9,4}{8,9}$	25	$\frac{9,0-11,6}{10,4}$	42
IV Контроль (питание)		$\frac{9,3-10,0}{9,6}$	33	$\frac{11,3-13,8}{12,6}$	58
V Контроль (голод)		$\frac{7,6-8,0}{7,7}$	-	$\frac{6,1-7,5}{6,9}$	-

Номер опыта	Дни кормления личинок	16 суток		26 суток	
		Длина	Масса	Длина	Масса
I	1-4	$\frac{8,3-9,0}{8,6}$	$\frac{6,4-8,2}{7,5}$	$\frac{8,5-9,5}{9,0}$	$\frac{4,9-6,5}{6,2}$
II	3-6	$\frac{8,2-9,0}{8,7}$	$\frac{6,0-8,7}{7,6}$	$\frac{8,5-9,3}{8,7}$	$\frac{5,0-6,5}{6,0}$
III	5-8	$\frac{8,8-9,5}{9,4}$	$\frac{8,5-10,5}{9,5}$	$\frac{8,7-9,7}{9,3}$	$\frac{5,4-8,7}{7,2}$
IV Контроль (питание)		$\frac{10,3-11,5}{10,8}$	$\frac{14,6-20,1}{17,2}$	$\frac{11,0-15,4}{14,0}$	$\frac{18,0-16,0}{32,6}$
V Контроль (голод)		$\frac{7,3-8,6}{8,0}$	$\frac{5,6-6,8}{6,3}$	-	-

ры до 0,4 мг на 10 экз. у выключившихся личинок в конце эндогенного питания.

Как уже отмечалось, в связи с наличием большого количества запасных питательных веществ в икре, у личинок бычка-кругляка более длительный период перехода на внешнее питание. Для уточнения этого мы провели опыт, когда личинкам предлагали корм сразу после выклева и в течение последующих 4 сут, в середине эндогенного питания и в течение последних 4 сут эндогенного питания. Кроме этих групп личинок вели наблюдения за контрольными питающимися и голодающими личинками на протяжении всего периода (табл. 22). За 8 сут смешанного питания размеры питающихся личинок увеличиваются; относительные линейные приросты составляют свыше 30 %, а по массе (осредненные данные) — свыше 50 %. Как показано в табл. 23, личинки из первого и второго опытов не отличаются по темпу линейного и весового роста к концу этапа смешанного питания. По сравнению с контрольной группой питающихся личинок они незначительно отстают в росте. Что касается личинок из третьего опыта, то они отличаются от

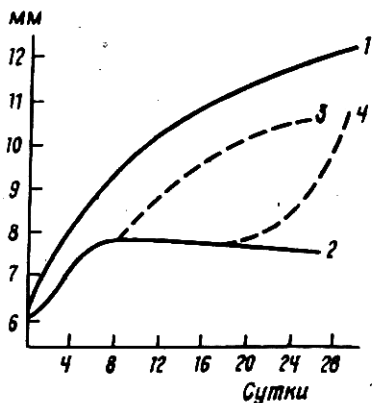


Рис. 36. Линейный рост мальков (мм) бычка-кругляка при кормлении (1) и голодании (2), кормлении с 8-суточного возраста (3) и с 16-суточного возраста (4)

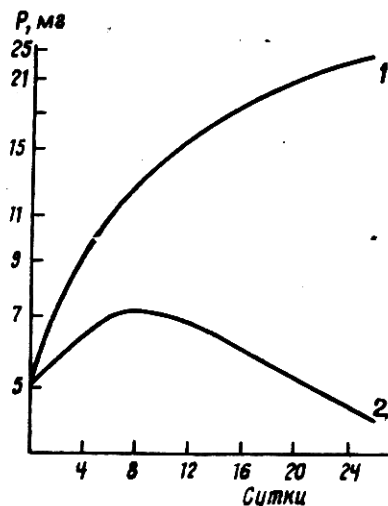


Рис. 37. Рост массы мальков (мг) бычка-кругляка при кормлении (1) и голодании (2)

первых двух групп более интенсивным ростом и приближаются по темпу роста к питающимся личинкам в контроле. В течение 16-суточного голодания у личинок из трех опытов сохраняется одинаковый темп использования органических веществ тела. Получение пищи извне, начиная с 5 сут, обеспечивает личинкам к концу смешанного питания пропорциональный рост тела. В первые дни жизни личинки бычка-кругляка, имея крупный желточный мешок после выклева, неактивны и потребности в поступлении пищи из внешних условий ограничены. На 5-е сутки мы отмечаем приостановку роста, что свидетельствует о необходимости переводить личинок на внешнее питание.

Личинки многих видов рыб могут переносить голодание в течение определенного промежутка времени, продолжительность которого для каждого вида специфична. Отсутствие кормов приводит к истощению личинок, задерживает рост, дифференциацию органов и тканей, в то же время служит причиной гибели личинок [15].

Группу бычков-кругляков переводили на внешнее питание после некоторого периода голодания, равного соответственно 8, 16 и 26 сут. Контрольную группу личинок избыточно кормили зоопланктоном. Максимальный отход этих рыб, соответствующий 50 %, наблюдался на 26-е сутки. При этом пищеварительная система находилась на примитивном уровне развития: пищевод узкий, кишечник также узкий с зачатком петли в среднем отделе и значительно уменьшен в размерах. Поверхность средней кишки сглажена, на некоторых участках остаются

лишь пологие выступы. Печень плотная, значительно уменьшена в размерах. За счет сокращения печени и кишечника в теле личинки образуется значительная полость. Мальки не могли перейти на питание и погибали при избытке пищи, значительно теряя в массе. Потеря в массе составила 36 % максимальной. При отсутствии пищи наблюдается не только замедленная дифференциация пищеварительных органов, но и незначительный прирост длины и

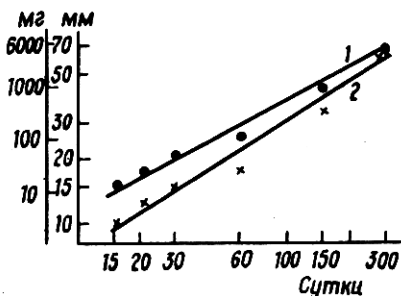


Рис. 38. Весовой (1) и линейный (2) рост молоди бычка-кругляка в течение одного года

массы тела мальков (рис. 36 и 37). Прирост кругляка контрольной группы уже к 8-суточному возрасту составил 3,2 мм, а массы — 7,0 мг. У непитающихся рыб прирост длины тела был 1,7 мм, а массы — 1,8 мг.

Рост мальков наблюдали в течение года. Предварительно до 30 сут мальков-личинки содержали в 15-литровых аквариумах с плотностью посадки 1 личинка-малек на 300 мл воды, концентрацией водорослей *Platymonas viridis* $2-3 \cdot 10^3$ кл·мл⁻¹ с насыщением кислорода 115–120 %. Затем мальков переносили в емкости размером 1 м³ и кормили фаршем мидий ежедневно. Зимой с понижением температуры воды до 8 °С корм предлагали 1–2 раза в неделю. После 30 сут, по мере роста мальков, происходит дальнейшее наращивание массы тела. Зависимость линейного и весового роста имеет сходный характер (рис. 38). К концу (в июне) длина тела составила 43–95 мм, а масса — 1,2–17 г. Данные роста относятся к одной кладке. Однако отмеченные значительные расхождения в темпе роста молоди бычка-кругляка объясняются различиями, возникающими в процессе развития, и явлениями полового диморфизма. У самцов по сравнению с самками темп роста выше. Половое созревание у кругляка наступает в естественных условиях через 9–11 мес при длине самок 46–54 мм [79]. В наших экспериментальных условиях первые кладки икры получены от самок размером 47 и 67 мм. В кладках было по 190 икринок.

На основании приведенных выше данных был разработан "Способ искусственного разведения бычка-кругляка *Neogobius melanostomus*" [127]. Данный способ (рис. 39) отличается тем, что инкубирование ведут при повышающейся температуре, изменении освещенности в соответствии с суточным ритмом и при горизонтально направленном потоке аэрированной морской проточной воды через гнезда. Практически этот способ осуществлялся следующим образом: производителей бычка-кругляка выдерживают в воде при температуре 18–20 °С до их созревания. Гнезда с искусственно выметанной и оплодотворенной икрой переносят в специальные установки с регулируемыми параметрами

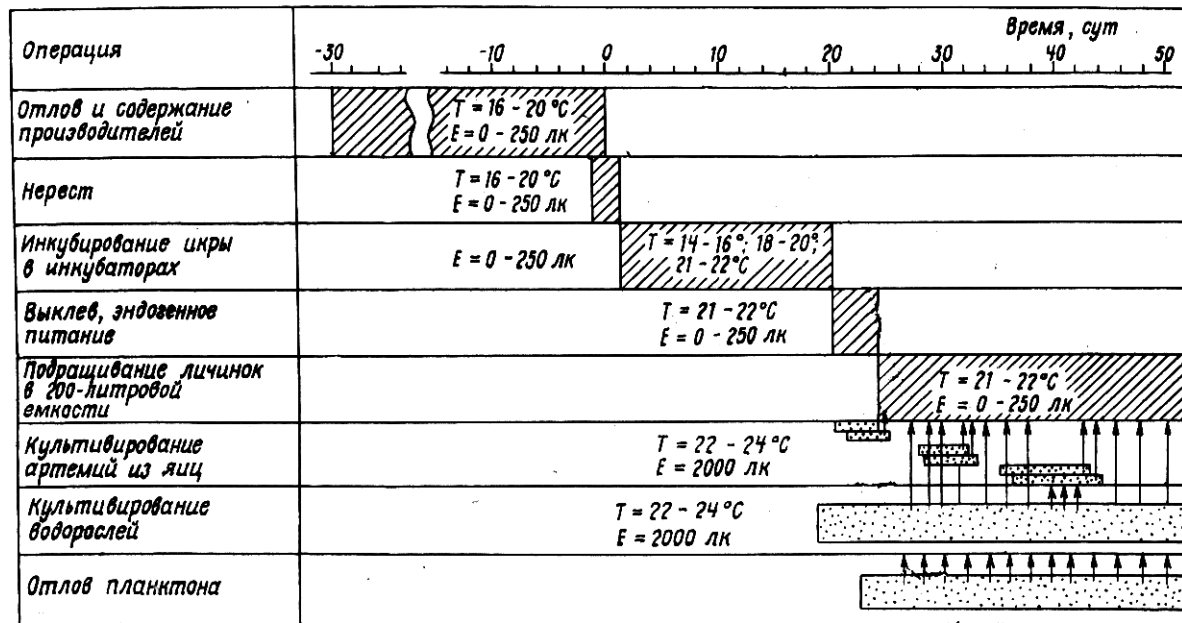


Рис. 39. Технологический процесс разведения бычка-кругляка Черного моря

среды, где располагают в струях с аэрированной водой. Инкубирование икры в течение 7–9 сут ведут при 14–16 °С вплоть до начала пигментации глаз у эмбрионов. Затем в течение 4–5 сут температуру повышают до 18–20 °С, а после закладки брюшных плавников в течение 6–8 сут температуру повышают еще на 2–3 °С так, чтобы она не превышала 21–22 °С к моменту выклева личинок, которых спустя 3–4 сут переводят в выростные емкости объемом 100–200 л и высотой не более 0,5 м с плотностью посадки 4–5 экз.·л⁻¹. При этом в процессе инкубирования икры и подращивания личинок, а также мальков освещенность изменяют от 0 до 250 лк, при выращивании молоди в течение месяца поддерживают температуру 21–22 °С и плотность кормовых организмов 2–4 экз.·мл⁻¹ за счет внесения естественного планктона и науплиев артемий. Выклев начался на 21-е сутки при 21 °С и закончился через 2-е суток. Средний выход личинок составил 96,2 %. В плоских аквариумах размером 0,7 × 0,7 × 0,45 м из 800 личинок в течение месяца отход составил 36 личинок, т.е. выживаемость достигла 95,5 %, их длина колебалась от 13,5 до 15,0 мм, масса – 42–52 мг. Из этого количества отбирали 50 личинок, которых пересаживали в аквариум объемом 1 м³ и кормили мясом мидий при сходных прочих условиях. Возраста одного года достигли 46 особей. Примеры реализации нашего и известного ранее способов [79, 55] показывают, что предлагаемый способ выращивания бычка-кругляка эффективнее на 25–40 %, а также превосходит известный способ по показателям выхода нормальных эмбрионов из кладок.

РАЗВЕДЕНИЕ КАМБАЛЫ-КАЛКАН (PSETTA MAEOTICA PALLAS) ЧЕРНОГО МОРЯ

На морской камбале *Pleuronectes platessa* L. впервые в мировой практике были проведены успешные опыты по выращиванию морских рыб в искусственных условиях с завершением стадии метаморфоза [156]. Первоначально выживаемость личинок составила доли процента, через несколько лет за счет совершенствования методики выращивания она была увеличена до 66 %. Хорошие результаты были получены при выращивании камбаль-тюрко – аналога нашей черноморской камбалы-калкан. Личинки камбаль-тюрко (*Scophthalmus maximus*), выращенные в инкубаторах до массы 38–80 г, пересаживали для подращивания в плавучие садки на мелководье. Прирост в первые 6 мес составил 114–143 г, а через 24 мес средняя масса увеличилась до 580 г [148]. Использование искусственных кормов при выращивании тюрко позволило за 20 мес при естественной температуре получить рыб средней массой 350 г [143].

Перспективным для культивирования видом в Азово-Черномор-

Таблица 23. Выживаемость черноморской камбалы-калкан в замкнутой установке на ранних этапах онтогенеза

Период и этапы развития	Время, сут	Численность	Выживаемость икринок и личинок, %	Длина личинок, мм	Скорость проточка, л·ч ⁻¹	Объем воды, л	Температура воды, °С	Время стерилизации воды, ч
Эмбриональный								
III	—	4000	100	—	60	250	15,6	—
IV	1	2600	65	—	60	250	14,9	—
V	2	2200	55	—	60	250	14,6	—
VI	3	2000	50	—	60	250	15,0	4
(выклев)								
Личиночный								
I	0,0-3,5	2000-700	100-35	2,9-3,7	30	200	15,0-15,8	16-18
II	3,5-9,0	700-30	41-4	3,7-4,4	30	200	16,0-18,0	2-19
III	9-14	30-15	10-20	4,7-6,5	30	200	17,5-19,0	3-16
IV	14-19	15-10	10-7	5,9-8,0	30	200	18,8-19,7	5-14
V	19-25	10-7	7-5	8,0-29,3	30	200	20,2-23,0	5-24
VI	35-100	7-5	5-3	18,5-80,0	30	200	10,0-23,0	16-24

ском бассейне следует считать камбалу-калкан [1, 11, 63, 66, 73, 76]. Калкан обладает ценными вкусовыми качествами, высокой плодовитостью (до 12 млн икринок) и низкой выживаемостью в естественных условиях. Сложностей в получении посадочного материала для искусственного воспроизводства нет.

В 1974 г. опыты по искусственному выращиванию камбалы-калкан были начаты в лаборатории "культивирования рыб" ИнБЮМ АН УССР. Цель этих исследований — разработать основы искусственного культивирования икры и личинок этого вида в замкнутых экосистемах. Культивирование калкана представляет большие трудности, поскольку в раннем онтогенезе этот вид характеризуется сложными морфофизиологическими перестройками, а сведения об экологии и биологических особенностях развивающихся личинок очень малочисленны. В 1975-1976 гг. подобные работы проводили сотрудники АзЧерНИРО и ВНИРО МРХ СССР. В искусственных условиях ими были получены 35-суточные личинки калкана, не завершившие метаморфоз, поэтому дальнейшие работы были прекращены.

Достигнутые к настоя-

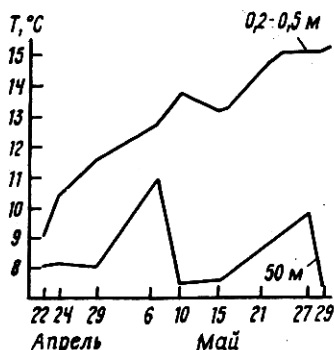


Рис. 40. Температура воды в месте взятия проб икры производителей камбалы-калкан

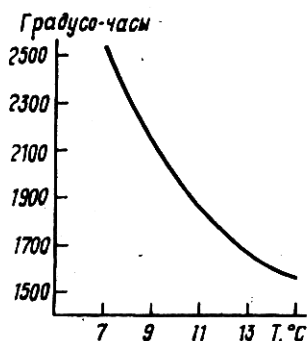


Рис. 41. Продолжительность развития икры камбалы-калкан (градусо-часы) в зависимости от температуры воды

щему времени результаты (табл. 23) свидетельствуют о возможности получения с помощью установок с регулируемыми параметрами среды жизнестойких мальков калкана [100]. Проблема получения половых продуктов при высокой плодовитости вида может быть решена путем искусственного оплодотворения. Полученную в искусственных условиях молодь можно использовать для товарного выращивания в садках, бассейнах и замкнутых системах, поскольку калкан в первые годы жизни характеризуется быстрым ростом. Организация выпуска молоди в море будет способствовать увеличению численности естественных популяций калкана в Черное море.

В инкубаторах с автоматической регулировкой заданных температур была поставлена серия опытов по влиянию постоянных температур — 7, 10, 15 °C — на скорость развития и выживаемость икры камбалы-калкан. Выделение этапов в процессе эмбрионального развития дается по Т.В. Дехник [39]. Икру для наблюдений брали от текущих самок в море (прибрежный район моря Севастополя). Оплодотворение осуществляли полусухим способом на борту мотофелюги. В местах нахождения производителей с текущими половыми продуктами с 22.IV по 29.VI. 1980 г. на глубине 50 м температура воды колебалась от 7,5 до 11 °C. Температура поверхностного слоя на горизонте 0,2–0,5 м, где происходит развитие икры на протяжении всего нерестового периода, была 9,1–15,3 °C (рис. 40). Среди икры, доставленной в лабораторию, часто встречаются перезревшие икринки, развивающиеся партеногенетически, и оплодотворенные, нормально развивающиеся икринки. У большинства перезревших икринок лопнувшая желточная оболочка имеет вид смятого комочка, желток смешан с плазмой. Такие икринки непрозрачны (желтая икра) и опускаются на дно. Значительный про-

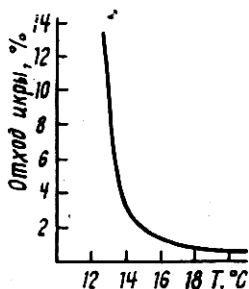


Рис. 42. Процент аномальных выклюнувшихся личинок камбалы-калкан в зависимости от температуры инкубации

маляного прохождения эмбриогенеза. При данном температурном режиме 78 % предличинок выклеивается со значительными аномальными отклонениями в строении (сильное искривление хорды, оводнение полости желточного мешка и др.). Из оставшихся икринок 10 % не дали выклюнувшихся предличинок и вскоре погибли, лишь у 12 % произошел выклев предличинок без видимых тератологических отклонений. Наиболее благоприятны условия для развития икры в инкубаторах с температурой воды 15 °С, при этом среди выклюнувшихся предличинок только около 30 % аномальных (рис. 42).

Расчетные и экспериментальные данные по продолжительности эмбрионального развития калкана на отдельных этапах при постоянных температурах представлены в табл. 24. Нижние критические пороговые температуры, при которых должна происходить инициация развития, приняты за точку "условного биологического нуля" для данного этапа и обозначены знаком плюс. Полученные данные свидетельствуют о высокой чувствительности эмбрионов калкана к пониженным температурам, а именно — 7–10 °С. В этом диапазоне температур эмбрионы реагируют резким замедлением развития. Длительность эмбрионального периода при 10 °С составляют 220 ч, а при 16 °С — 84 ч. Термочувствительность эмбрионов, находящихся на разных этапах развития, неодинакова. Толерантность к пониженным температурам в начале эмбриогенеза выше, чем на этапах завершения гаструляции и вылупления. В период эмбрионального развития нижние критические температуры сдвигаются от 3 °С на I–II этапах до 7 °С на V–VI этапах, соответственно сублетальные температуры составляют 7 °С для III этапа и 10 °С — для V–VI этапов. Таким образом, разные этапы развития икры калкана характеризуются разной шириной оптимальной температурной зоны. Выявление оптимального режима при прохождении отдельных этапов состоит в установлении количественной зависимости между скоростью развития и температурой. Форма этой связи определяется

цент перезревшей икры мы наблюдали в ястыках камбалы-калкан в конце нерестового сезона, а в начале нереста ее бывает значительно меньше. Подобное явление отмечает у икры рыб М.Ф.Вернидуб [22]. В связи с этим для инкубирования мы использовали те пробы икры, в которых количество икринок с нормальным дроблением составляло не менее 80 %. Признаком оплодотворения является скопление плазмы у аномального полюса, где образуется плазменный бугорок.

Эксперимент показал, что продолжительность развития зависит от температуры (рис. 41). Повышение температуры воды с 7 до 10 °С не является благоприятным для нор-

Таблица 24. Расчетные и экспериментальные данные по длительности развития (ч) отдельных этапов развития икры камбалы-калкан

Этап	Температура, °C							
	3	5	7	8	10	12	15	16
I-II	+	-	70	54	37	25	20	19
III	-	+	92	70	53	35	28	25
IV	-	-	+	-	32	15	12	10
V-VI	-	-	+	-	98	57	33	30

Примечание. Знаком (-) отмечена нижняя пороговая температура, знаком (+) — условный биологический ноль.

типом термолабильности. Для зародышей рыб, как известно, характерна экспоненциальная зависимость скорости развития от температуры, удовлетворительно описываемая уравнением Аррениуса. Выделенные в системе координат Аррениуса границы благоприятных температур согласуются с полученными нами экспериментальными данными [13]. Они позволяют не только разумно проводить инкубирование икры, но и управлять ее развитием, учитывая границы оптимальных температур.

В результате проведенных опытов выделено два периода наибольшей чувствительности икринок калкана к воздействию низких температур: стадия гастрюляции и образования хвостовой почки.

Личиночный период калкана изучен очень слабо, поскольку в море при развитии личинки камбалы-калкан вылавливались очень редко единичными экземплярами. Изучение этапности развития личинок необходимо для выяснения характера приспособлений на каждом этапе, вскрытия специфики строения и функции органов, а также выявления потребностей к факторам внешней среды. Без этого невозможно управлять процессами роста и развития личинок при искусственном выращивании.

На основе морфофизиологического и экологического анализа выделено шесть этапов развития личинок с момента выклева и прохождения метаморфоза, каждый из которых характеризуется комплексом признаков. Принимая во внимание наиболее показательные из них, условно этапы можно идентифицировать следующим образом: I — желточное питание; II — смешанное питание; III — желток резорбирован, нотохорд прямой; IV — нотохорд изогнут, глаза внешне симметричны; V — наблюдается смещение правого глаза; VI — завершение метаморфоза, глаз полностью переместился.

Периодизация (пять стадий) была принята для камбалы *Pleuronectes platessa* [153, 156]. Авторы не выделяют этап смешанного питания, хотя он характеризуется целым рядом качественно новых морфологических и физиологических особенностей развития, связанных с изменением типа питания и поведения личинок. В связи с этим изучалась длительность этапов развития, которую устанавливали по выявлению первых экземпляров личинок на данном этапе с дальнейшим их фиксиро-

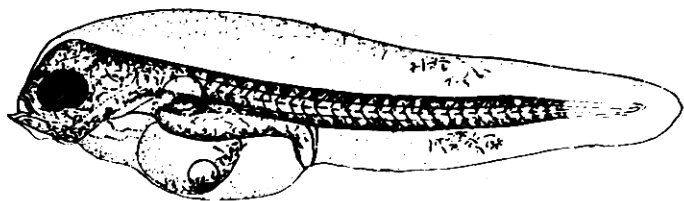


Рис. 43. 3-суточная личинка камбалы-калкан

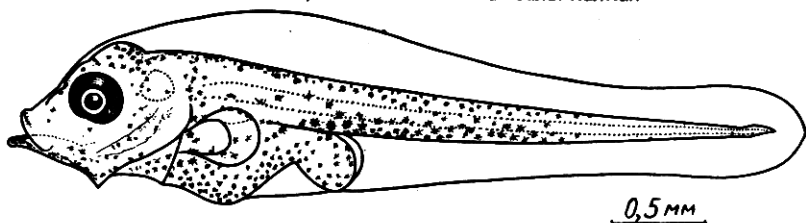


Рис. 44. 8-суточная личинка камбалы-калкан

ванием. Поскольку продолжительность каждого этапа зависит помимо наследственных особенностей от температуры (скорости развития), наличия пищи и т.д., при описании развития учитывали условия, при которых оно протекало [11].

I этап (желточное питание) начинается с момента выклева эмбриона из оболочки и длится до 3,5 сут (рис. 43). Длина тела выклюнувшихся личинок 2,8–3,1 мм, желточный мешок большой, в задней трети его расположена жировая капля диаметром 0,2 м.м. Тело личинок симметричное, голова прижата к желтку, рот закрыт. Плавниковая складка дифференцирована. Грудные плавники в виде небольших складок, основание их расположено горизонтально. Жаберных дуг нет. Сердце пульсирует, но форменных элементов нет. Глаза не пигментированы. Тело окрашено в ярко-розовый цвет, с ветвистыми меланофорами, расположенными на желтке, жировой капле и средней части хвостового отдела. Личинки в течение первых суток концентрируются у самой поверхности и длительное время находятся в покое. Большой желточный мешок и жировая капля удерживают личинок в перевернутом по-

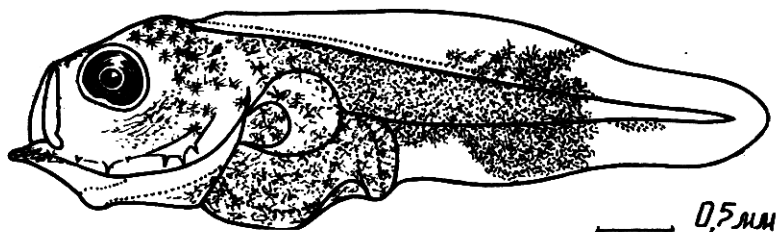


Рис. 45. 14-суточная личинка камбалы-калкан (начало этапа)

ложении, брюшной стороной вверх. К концу этого этапа у 3-суточных личинок сохраняется небольшой остаток желточного мешка и жировой капли. Запасы их расходуются на дифференциацию органов и тканей, а также обеспечивают линейный и весовой рост личинок. К этому времени личинки достигают максимально возможных линейных размеров — 3,4–3,5 мм за счет эндогенных запасов. Голова личинок выпрямляется, прорезается рот, оформляются челюсти, которые становятся подвижными, развиваются жаберные дуги. Жаберная крышка развита еще недостаточно и не полностью прикрывает жабры. Основания грудных плавников располагаются косо, они увеличиваются в длину и становятся подвижными. Пигментация глаз происходит очень интенсивно и к 3-суточному возрасту остается слабо пигментированным лишь назальный участок сетчатки. Личинки интенсивно пигментированы, подвижны, плавают в нормально ориентированном положении. Для 3-суточных личинок характерно развитие эритроцитарного кровообращения, с его возникновением через 6–8 ч усложняется кровеносная система.

II этап (смешанное, эндогенно-экзогенное питание) начинается в возрасте 3,5–4 сут при длине тела 3,4–3,5 мм (рис. 44). Количество желтка к моменту перехода на этот этап значительно сокращается. У личинок остается небольшое количество желтка, сохраняется жировая капля. Однако запасы их не могут восполнить энергетические траты организма. У личинки рот открыт, челюсти подвижны, жаберная крышка прикрывает жабры. Дифференцируется пищеварительная система. Заполнение воздухом плавательного пузыря изменяет поведение личинок. К началу смешанного питания личинки калкана имеют отрицательную плавучесть. Их плавучие качества и активность обеспечиваются главным образом плавательным пузырем. При плавании они держатся в горизонтальном положении и совершают броски в направлении кормовых объектов. Величина бинокулярного угла зрения у личинок увеличивается до 45° , а скорость составляет $21\text{--}26\text{ см}\cdot\text{мин}^{-1}$. В связи с неравномерностью развития переход на внешний корм растянут до 12 ч. Для успешного перевода личинок на внешнее питание плотность коловраток должна составлять в культиваторах $2\text{--}3\text{ экз}\cdot\text{мл}^{-1}$, а к кон-

цу этапа может быть снижена до $1,0-1,5$ экз. мл^{-1} . К этому времени (7–8-суточному возрасту) желток резорбируется полностью, а печень увеличивается в объеме, перекрывая остатки жировой капли. Возрастают диаметры плавательного пузыря и пищеварительного тракта.

III этап начинается с 8-х суток, после полной резорбции желтка и перехода на экзогенное питание при длине личинок $4,1-4,5$ мм, наибольшей высоте тела, равной 20–29 % его длины. Хорда прямая, хвостовой отдел симметричный, тело интенсивно пигментировано. Пигмент сосредоточен в области головного мозга, плавательного пузыря и печени. Вдоль по ходу спинной аорты идет плавниковая кайма, которая прозрачна и начинается либо на уровне глаз, либо на уровне заднего края глаз или даже за ним (рис. 45). Продолжается этот этап до 14-суточного возраста. К 9-суточному возрасту длина личинок составляет $4,9-5,3$ мм. Интенсивность питания их высока — одновременно в кишечнике может насчитываться до 60 экз. коловраток. В 11-суточном возрасте личинки калкана переходят на новый, более крупный вид корма — науплий артемии разного возраста размером $500-700$ мк. При этом наблюдается увеличение длины и массы тела личинок, наибольшая высота тела располагается за грудными плавниками. Усложняется строение внутренних органов.

IV этап начинается в 14-суточном возрасте при длине тела $4,6-8,4$ мм. Личинки интенсивно пигментированы на протяжении всего тела. Меланофоры с многочисленными отростками, образующими сплошное сплетение. Преанальная плавниковая складка начинает исчезать. Хорда слегка изгибается и плавниковая кайма в хвостовом отделе асимметрична. У личинок размером $5,1-5,35$ мм хорда изгибается в хвостовом отделе кверху, а в нижней лопасти плавниковой каймы появляются скопления мезенхимы на месте будущих лучей плавника. У личинок длиной $6,0-6,5$ мм хвостовая лопасть становится полностью асимметричной, хорда изгибается кверху. В нижней лопасти увеличивается длина опорных лучей хвостового плавника. Скопления мезенхимы наблюдаются в спинном и анальном плавниках. У 16-суточных личинок при длине $7,0-7,5$ мм продолжается формирование скелета непарных плавников. Эндоскелет хвостовой лопасти образован хрящевыми гипуралиями. Хвостовой плавник гетероцеркальный. В конце этапа у 18-суточных личинок при длине тела $8,0-8,4$ мм хвостовой плавник также гетероцеркальный, а эндоскелет представлен хрящевыми гипуралиями. В спинном и анальном плавниках заложены мезенхимные лучи. Эндоскелет этих плавников представлен птеригофорами. Дифференцируется поперечно-полосатая мускулатура лучей. Высота тела увеличивается до 40 % длины тела и сдвигается к началу анального плавника (рис. 46). После кратковременного плавания под углом в 45° личинки начинают плавать в горизонтальном положении с обращенной вниз правой стороной тела, поднимаясь к поверхности воды. Одновременно с этим начинается миграция правого глаза на левую сторону.

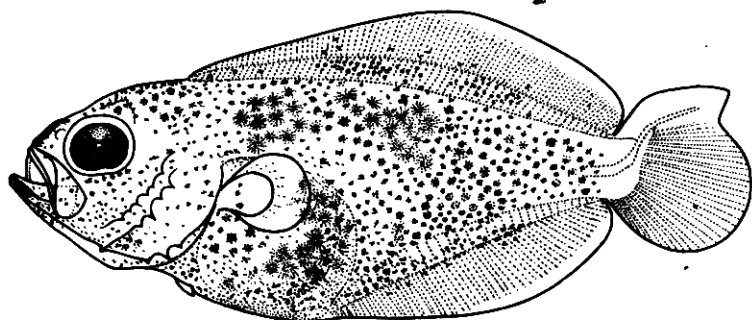


Рис. 46. 18-суточная личинка камбаль-калкан

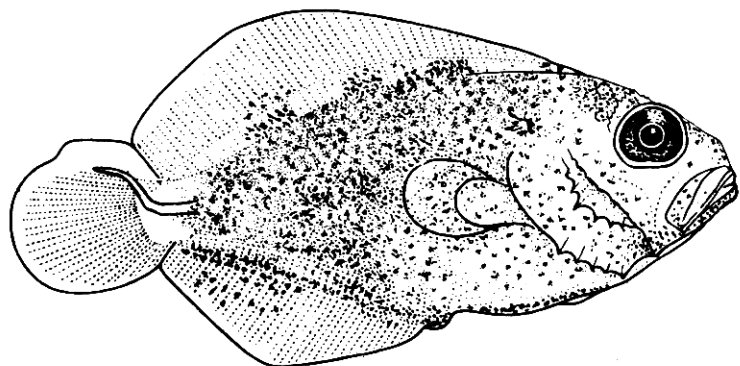
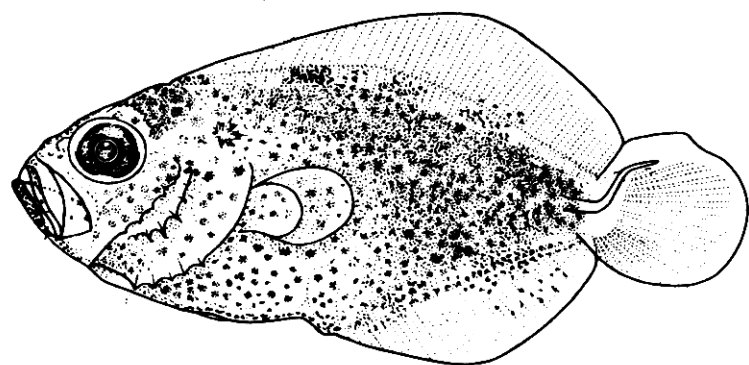


Рис. 47. 20-суточная личинка камбаль-калкан

V этап начинается в 19–20-суточном возрасте при длине тела 8,5–9,0 мм и заканчивается 29–30-суточным возрастом при длине тела 19,5–19,9 мм (рис. 47, 48). Личинки постоянно плавают с обращенной вниз

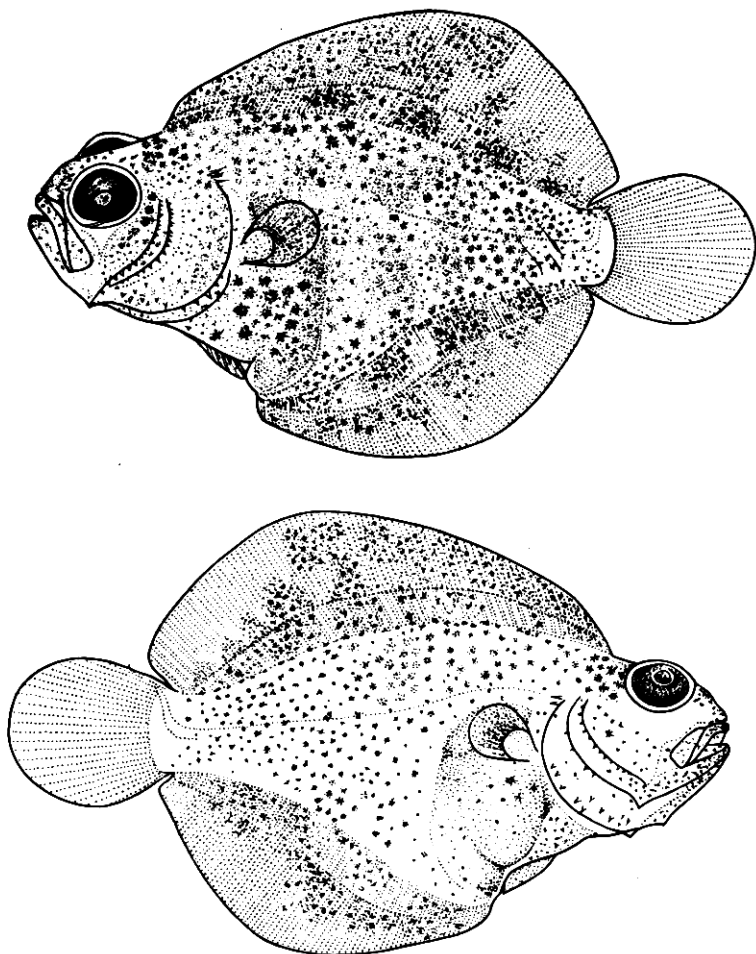


Рис. 48. 29-суточный малек камбалы-калкан

правой стороной тела, поднимаясь в поверхностные слои воды для питания науплиусами артемии. Характер пигментации левой и правой сторон личинок почти одинаков. Заканчивается формирование непарных плавников. В хвостовом плавнике сохраняется гетероцеркальность. Продолжается миграция правого глаза. К 23–25-м суткам у личинок длиной 11–12 мм высота тела составляет около 50 % абсолютной длины тела. Хвостовой плавник внешне симметричный, но уростиль окончательно не сформирован. К концу этапа увеличивается высота тела личинок до 60 % их длины. Продолжается миграция глаза, который поднимается над уровнем головы. С правой стороны укорачивается верх-

няя челюсть, ноздри смещаются к левой стороне. С правой стороны грудной плавник меньше. Верхняя сторона тела пигментирована пятнами вдоль плавников и кишечника, что делает ее более темной. У личинок большой плавательный пузырь, составляющий 8 % длины тела. Пищеварительная система продолжает совершенствоваться: начинают закладываться пилорические придатки, образуется пилорический клапан, в желудке увеличивается количество желудочных желез.

VI личиночный этап начинается в 30-суточном возрасте при длине тела 20 мм и длится 2,0–2,5 мес. Продолжается увеличение высоты тела. Правый глаз перемещается в центр головы, в результате чего нижняя сторона тела оказывается слепой. Характер пигментации сторон различен: правая более светлая, левая темная. Дорсальный плавник продвигается вперед и начинается на уровне заднего края глаза. В конце этого этапа личинки в естественных условиях, по-видимому, мигрируют к берегу и, по данным Ю.Ю.Марти [59], обитают на поверхностных слоях воды, опускаясь на 10 мин на глубину. По его мнению, опускание личинок на дно до окончания метаморфоза свидетельствует о нарушении процесса развития и ведет к гибели молодежи. Действительно, в экспериментальных установках нормально развивающиеся личинки калкана длиной 20–40 мм оседали на дно. Мы наблюдали опускание на грунт всех личинок на 45–50-е сутки. И даже после этого метаморфоз продолжается до 70–80-суточного возраста: происходит перемещение правого глаза и смещение спинного плавника вперед.

В процессе онтогенеза на каждом этапе своего развития организм характеризуется определенными требованиями к условиям среды и соответствующими формами поведения (рис. 49). Приведенная схема различных типов поведения особенно характерна для ранних этапов онтогенеза, когда резко меняются морфологические признаки личинок и их экология. На каждом этапе критерии поведения различны, поскольку норма реакции в одном возрасте может быть следствием неблагоприятных условий и патологией — в другом. Поэтому для оценки соответствия условий выращивания личинок необходимо исследование элементов поведения на каждом этапе.

Личинки камбалы-калкан после выклева распределены под поверхностной пленкой, неактивны. Основную гидростатическую функцию выполняют желточный мешок и жировая капля. Дальнейшая положительная плавучесть личинок создается оводнением желточного мешка, уменьшающим удельный вес (содержание воды в желтке пелагических личинок морских рыб составляет 90 %). Положение желточного мешка и жировой капли удерживает личинок в перевернутом положении брюшной стороной вверх. Большую часть времени личинки находятся в покое; отношение времени движения и покоя составляет 1:15. Поступательное движение личинок осуществляется за счет изгибания хвостового отдела и плавниковой каймы. Элиминирующие личинки опускаются с поверхности на дно.

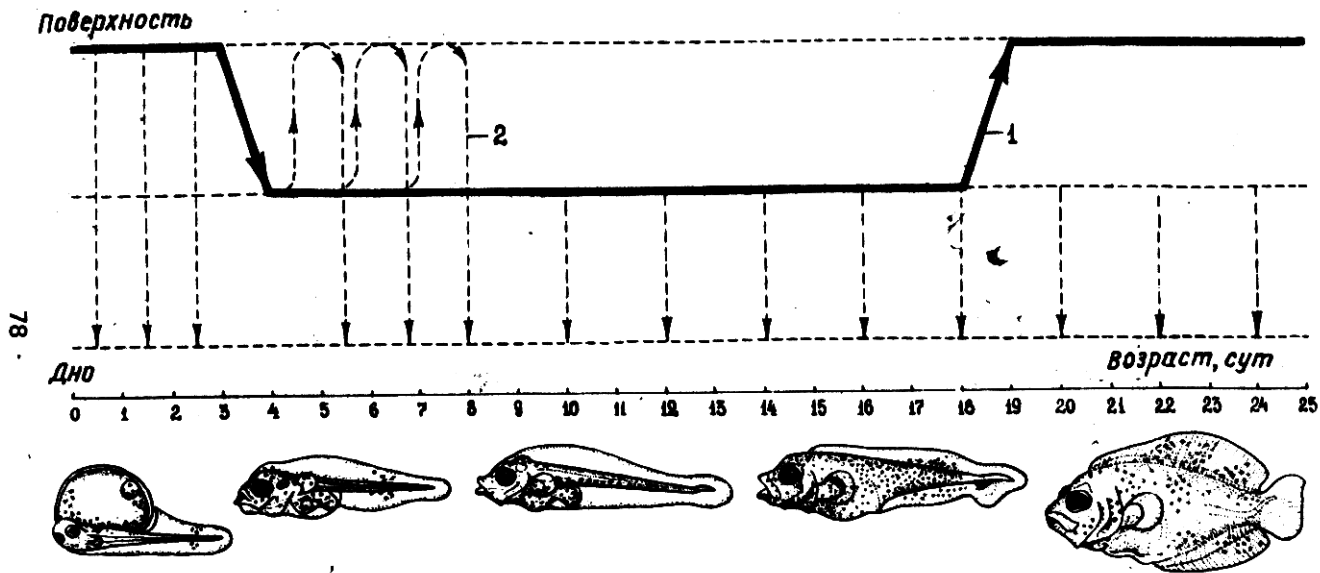


Рис. 49. Схема распределения личинок камбалы-калкан в установке по горизонтам. Направление миграций нормально развивающихся (1) и аномальных (2) личинок указано стрелками

Значительное сокращение желточного мешка и жировой капли приводит к изменению формы тела и нормальному горизонтальному плаванию спиной вверх 2-суточных личинок. Поведение личинок изменяется; в состоянии покоя они в течение 3—5 с пассивно опускаются головой вниз, а затем в течение 1—4 с активно поднимаются кверху. В среднем продолжительность покоя в 1,5 раза дольше, чем время движения. С появлением на 2-е сутки в глазах пигмента у личинок развивается отрицательная реакция на свет: они уходят от освещения и образуют скопления в затененных участках аквариума. Отрицательный фототропизм в этот период носит адаптивный характер и объясняется, по-видимому, реакцией защиты от врагов, так как личинки с началом пигментации глаз и тела становятся более уязвимыми для хищников. Это обстоятельство необходимо учитывать при выращивании личинок. Освещенность в установках на этапе эндогенного питания личинок должна быть не более 30—40 лк. Развитие эритроцитарного кровообращения и заполнение газом плавательного пузыря изменяют плавучие качества личинок, так как плавательный пузырь — более мощный гидростатический орган, чем сохраняющаяся до этого периода жировая капля. Повышение плавучих качеств личинок экономит энергию, устраняя трату ее на поддержание тела в горизонтальном положении. Личинки без воздуха в плавательном пузыре находятся постоянно в непрерывном движении, прекращение его приводит к их пассивному падению (опусканию головой вниз).

К моменту перехода на внешнее питание глаза личинок полностью пигментированы, реакция фототаксиса становится положительной, личинки концентрируются в освещенной зоне установки. Из поверхностных слоев воды личинки опускаются в толщу, плавают в горизонтальном направлении. Периоды покоя сокращаются до 1,3 с, активное движение — от 7 до 20 с, в среднем личинки находятся в движении в 3,5 раза больше чем в покое. В экспериментальных установках в это время личинки распределяются по горизонтам: часть на поверхности, другая — в толще, и, наконец, есть личинки, обитающие у дна. Проведенный анализ показывает, что личинки из средних слоев воды относятся к типу питающихся. Они активно потребляют корм: количество одновременно находящихся в кишечнике коловраток составляет 10—15 экз. У личинок значительно увеличиваются длина и масса тела, а также объем плавательного пузыря. Большую часть времени личинки находятся в движении, периоды покоя составляют 1—2 с. Личинки, которые держатся в поверхностных слоях, чаще всего не питались. Лишь у незначительной части личинок в кишечнике отмечена пища, при этом интенсивность захвата пищи очень низкая — одна-три коловратки. Такие личинки не опускаются более чем на 3—5 см от поверхности, движение их носит беспорядочный характер, многие прилипают к поверхностной пленке и висят неподвижно, личинки у дна установки также голодают. Они не поднимаются более чем на 4—6 см от дна, периоды их движения

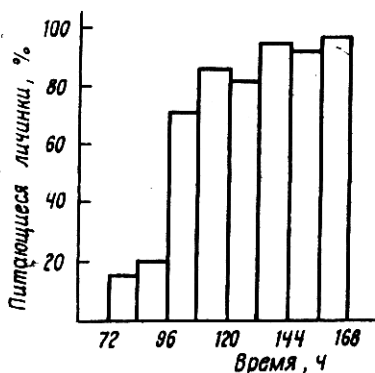


Рис. 50. Эффективность перехода личинок камбалы-калкан на внешнее питание

составляют 3–5 с, большую часть времени личинки лежат на дне. Несмотря на большое скопление коловраток у дна установок, такие личинки не питаются. Подобный характер распределения личинок определяется изменением их плавучести при питании и голодании. Питающиеся личинки имеют отрицательную плавучесть, их положение в толще воды обеспечивается плавательным пузырьем и жировой каплей. У личинок, не перешедших на внешнее питание, плавательный пузырь не заполнен воздухом, а жировая капля не обеспечивает необходимой плавучести. Первоначально скорость погружения голодающих личинок (при эндогенном питании) увеличивается до $0,1 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$ в 3-суточном возрасте при 17°C . При дальнейшем голодании она падает. В это время масса личинок уменьшается, но увеличивается относительное содержание воды в теле. Поскольку жидкость в теле личинок гипотонична по отношению к морской воде, они приобретают положительную плавучесть и поднимаются в поверхностные слои воды. Плотность коловраток, как известно, у поверхности высока и личинки могут захватывать кормовые организмы, однако их питание затруднено из-за нарушения плавучести. При голодании в течение 2–3 сут после перехода на внешнее питание в результате осмоса личинки опускаются головой вниз на дно установок, где и погибают. Жизнеспособные личинки калкана при температуре $18\text{--}19^\circ\text{C}$ начинают питаться в возрасте 84–96 ч. После внесения корма только около 10 % личинок способны начать питаться (рис. 50). К концу 5-х суток 90 % личинок, обитающих в толще воды установок, переходят на внешнее питание. При переходе на внешнее питание можно, используя положительный фототаксис личинок, управлять их поведением, концентрируя организмы с помощью пучка света.

Часть питающихся личинок также погибает в толще воды на III этапе развития. К этому времени оставшиеся в живых личинки совершают миграции в диапазоне 20–30 см. Основную гидростатическую функцию по поддержанию тела в толще воды выполняет плавательный пузырь. Однако вспомогательное гидростатическое значение имеет жировая капля, которая располагается в области печени. Это подтверждает тесная взаимосвязь между величиной плавательного пузыря и жировой каплей. У личинок с большим плавательным пузырем жировая капля меньших размеров, и наоборот — при небольшом плавательном пузыре она резорбируется медленнее. У некоторых личинок жировая капля со-

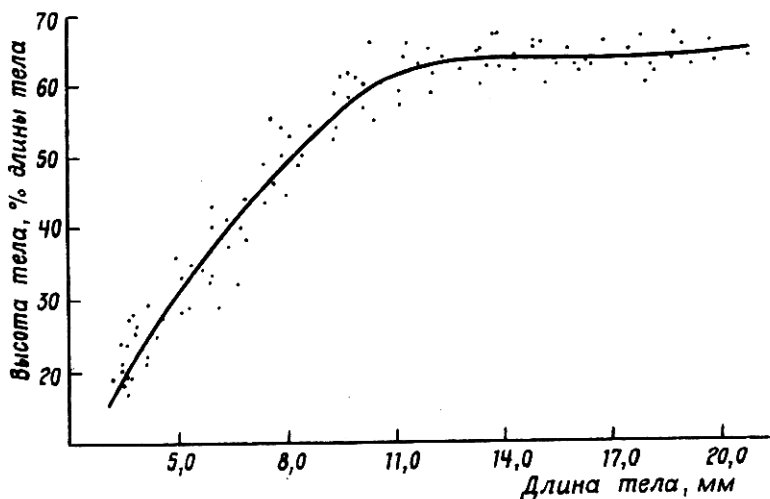


Рис. 51. Зависимость наибольшей высоты тела от длины личинок камбаль-калкан

храняется до 14-суточного возраста. Основная масса личинок не имеет жировой капли уже на 11–12-е сутки.

На IV этапе увеличивается подвижность и маневренность личинок. Появляется новый тип плавания: личинки кратковременно, 3–5 с, плавают на боку. К 19–20-суточному возрасту происходит переориентация плоскости тела личинок: они постоянно плавают в горизонтальной плоскости с обращенной вниз правой стороной тела. Происходит миграция правого глаза на противоположную сторону. По мере заполнения воздухом плавательного пузыря и увеличения его размеров личинки поднимаются в поверхностные слои воды. При маленьком плавательном пузыре такие личинки не поднимаются к поверхности, не питаются и после нескольких суток голодания погибают.

На V–VI этапах личинки обитают в поверхностных слоях воды, опускаясь до 10 мин на глубину. В поверхностных слоях воды личинки остаются до полного завершения метаморфоза.

С поведением личинок теснейшим образом связана их морфология, которая существенно изменяется по мере метаморфоза. Анализ данных показывает, что наиболее существенно изменяется в течение раннего развития максимальная высота тела, длина головы, расстояние от центра правого глаза до вершины головы, антедорсальное расстояние [14].

Изменение максимальной высоты тела связано с процессом метаморфоза камбаль-калкан, который начинается у личинок через 15–16 сут после выклева при длине тела 6,5–7,0 мм. Высота тела изменяется за счет увеличения максимальной длины и приостанавливается при длине 11–12 мм (рис. 51). Существенные изменения происходят также

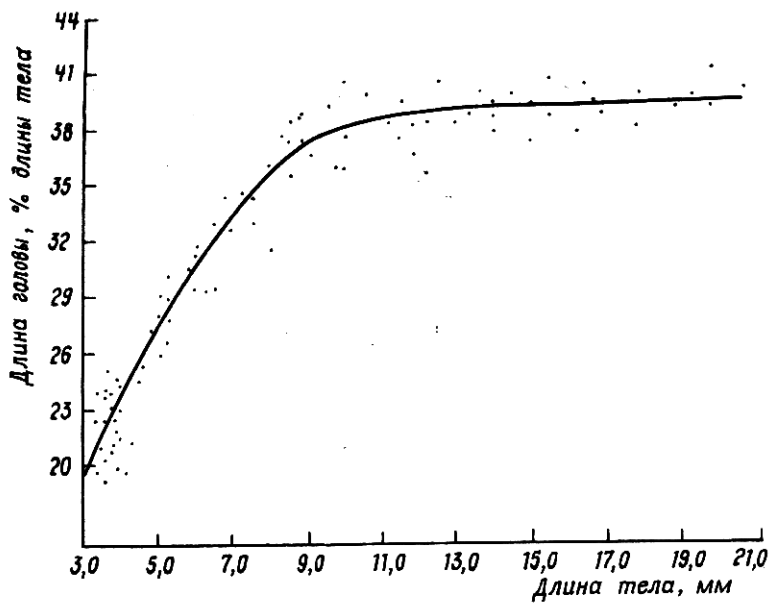


Рис. 52. Зависимость длины головы от длины личинок камбаль-калкан

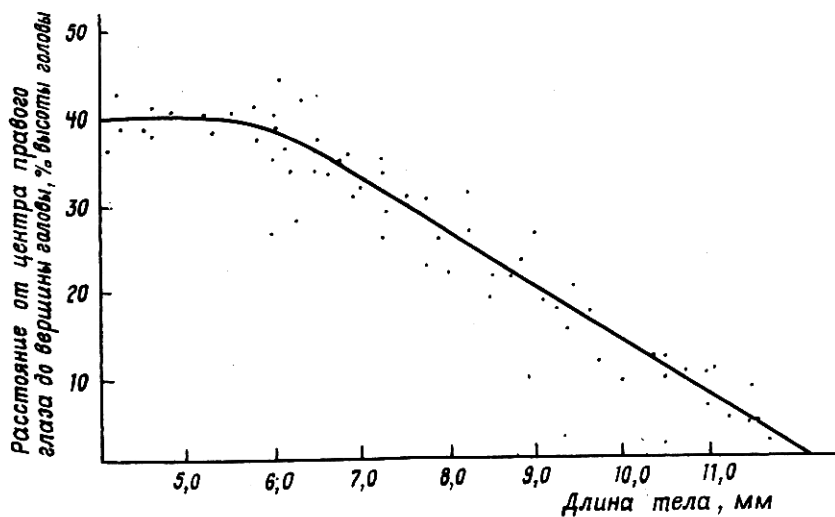


Рис. 53. Зависимость расстояния центра правого глаза до вершины головы от длины личинок камбаль-калкан

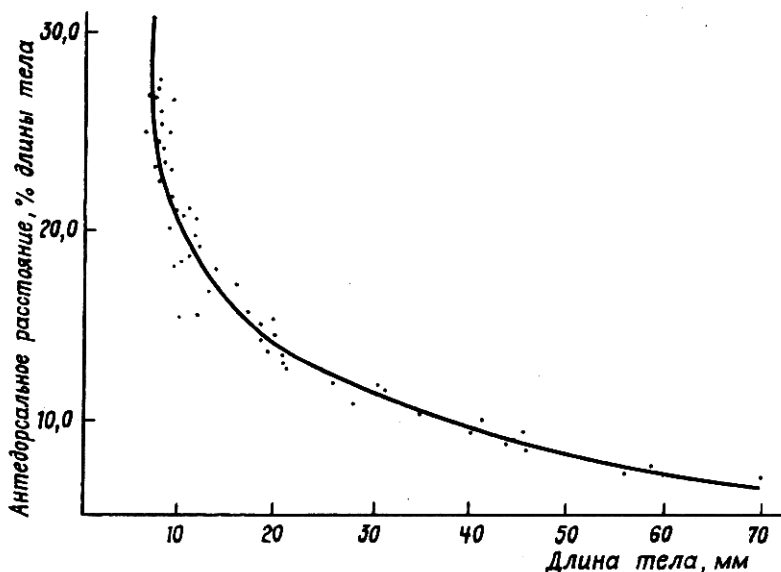


Рис. 54. Зависимость антедорсального расстояния от длины личинок камбаль-калкан

в головном отделе личинок. Относительные размеры головы быстро возрастают до достижения калканом 7–9 мм и при дальнейшем росте остаются на уровне 36–40 % длины тела (рис. 52). Расстояние от центра правого глаза до гребня головы резко сокращается с увеличением длины тела личинок от 7 до 12 мм. Это свидетельствует о том, что правый глаз начинает перемещаться (рис. 53). В возрасте 20–23 сут правый глаз достигает вершины головы и остается в центре ее профиля до 30–35-суточного возраста. При достижении личинками длины тела 20–25 мм правый глаз сдвигается на левую сторону и занимает свое окончательное положение при длине 60–70 мм. По данным Э.М.Калининой [46], перемещение глаза сопровождается значительными анатомическими изменениями в орбитальной части черепа.

Образование плавников у личинок начинается в 14-суточном возрасте, недифференцированная плавниковая складка разделяется на спинную, анальную и хвостовую лопасти. Первым формируется хвостовой плавник. Антедорсальное расстояние при длине личинок 6–7 мм составляет 26–28 %, а при 11–12 мм, когда в плавнике заложены все лучи, оно уменьшается до 18–19 %. Дальнейшее сокращение антедорсального расстояния происходит медленнее и при длине 20–25 мм составляет 12–14 %. После перемещения правого глаза на левую сторону антедорсальное расстояние сокращается до 7–8 % длины тела и начало плавника располагается на уровне переднего края глаза (рис. 54).

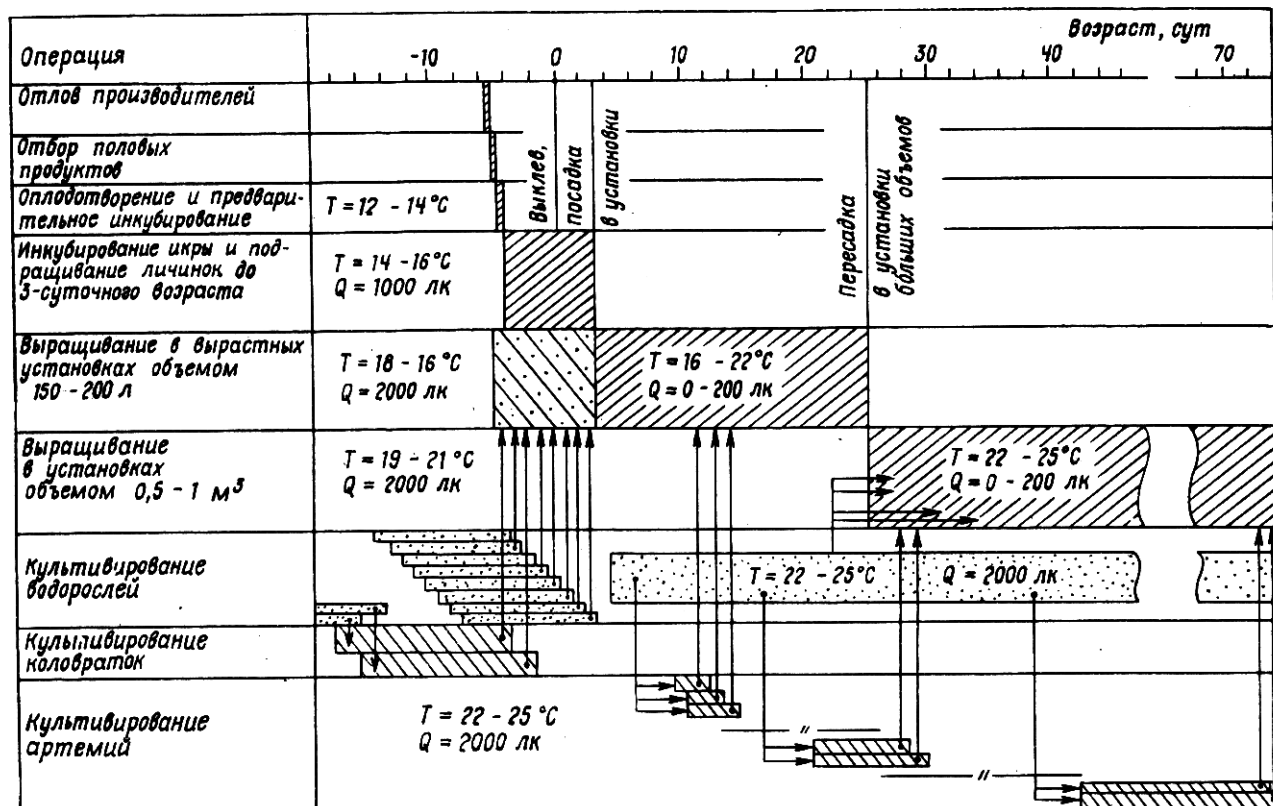


Рис. 55. Технологический процесс разведения камбалы-калкан

С увеличением длины тела до 20–25 мм перемещения личинок со дна на поверхность практически прекращаются, изменяется характер питания и поведения. Личинки дольше находятся на дне установок, закапываются в песок, принимают окраску донных взрослых рыб. Снижение активности, а также увеличение желудка, развитие зубов способствуют переходу личинок на новый тип питания с четко выраженной суточной ритмикой. В условиях выращивания личинок питание осуществлялось 2 раза в сутки рыбным фаршем. Однако к этому времени метаморфоз еще не завершен, перемещение и сокращение антедорсального расстояния продолжается.

Наблюдаемые изменения в экологии и этологии личинок свидетельствуют о переходе к мальковому периоду жизни. При переходе из личиночного состояния в мальковое необходимо учитывать смену в биологии калкана и переход к донному образу жизни. Наличие укрытия, песка, удовлетворительного кислородного режима необходимо для дальнейшего прохождения метаморфоза.

Используя приведенные выше данные о развитии камбаль-калкан и ее кормлении на ранних этапах онтогенеза, нами предложен "Способ искусственного разведения черноморской камбаль-калкан" [128]. На рис. 55 и 56 представлен технологический процесс (основные операции), а также показаны изменения основных параметров среды обитания в выростных установках объемом 150–200 л для выращивания молоди камбаль-калкан Черного моря. Оплодотворенную сухим методом икру промывают чистой водой с температурой 12–14 °С и доставляют в лабораторию для инкубирования. Через 5 ч нормально развивающуюся икру помещают в аэрируемые инкубаторы с горизонтальной циркуляцией воды, где она развивается до выклева личинок. Выклюнувших личинок в течение 2–3 сут выдерживают в этих же инкубаторах до момента перевода их на внешнее питание. Выдерживание личинок осуществляют при 14–16 °С. Затем личинок пересаживают в специальные емкости объемом 150–200 л, имеющие биологический и химический фильтры, а также замкнутую систему циркуляции воды. Плотность по-

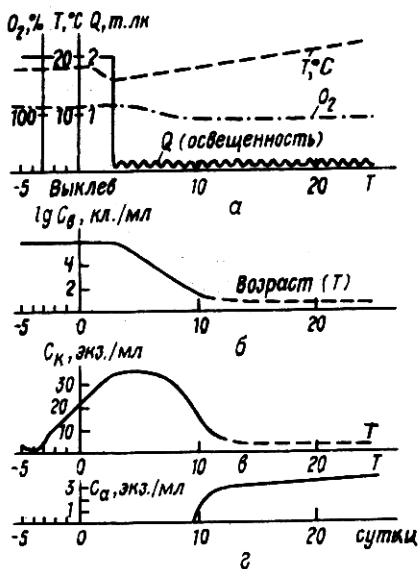


Рис. 56. Основные требования к условиям среды личинок камбаль-калкан: а — динамика абиотических факторов, б — динамика численности водорослей, в — динамика численности коловраток, з — динамика численности артемий

садки личинок не превышает 30–50 экз.·л⁻¹. В емкости температуру воды поднимали от 16 до 22 °С со скоростью 1–2 °С в неделю, учитывая необходимые требования к среде на разных этапах онтогенеза. Освещенность составляла 200–250 лк в соответствии с суточным режимом ее изменения. Емкости к моменту пересадки в них личинок обеспечивают живыми кормами. Для этого за 7–8 сут до пересадки личинок культиваторы засевают фитопланктоном (например, водорослью *Platymonas viridis*), максимальная плотность которого должна составлять 0,5–1,0·10⁶ клеток в 1 мл при освещенности воды 2000 лк и температуре 16–19 °С. Одновременно с водорослями вносятся коловратки в количестве 2–3 экз.·мл⁻¹, чтобы к моменту посадки личинок в емкость концентрация коловраток достигала необходимого уровня. Водоросли и коловратки культивируются отдельно до необходимых плотностей для заселения в установки. К моменту пересадки личинок концентрация коловраток в выростных емкостях достигала 35 экз.·мл⁻¹, температура воды поддерживалась в пределах 16–17 °С и освещенность снижалась до 200–250 лк.

Через несколько дней концентрация коловраток в установке начинает падать вследствие выедания их личинками. На 10–11-е сутки ежедневно вносят артемию в количестве до 3 экз.·мл⁻¹. Начиная с 10–12-суточного возраста личинок рыб, когда концентрация коловраток падает, осуществляют их концентрирование. Для этого создают переменное световое поле в среде обитания, повышая их плотность по массе в 5–6 раз [118, 123].

На 22–25-е сутки личинок длиной 15–19 мм пересаживают в выростные емкости объемом 0,5 м из расчета 0,5–1,0 экз.·л⁻¹. В этих емкостях поддерживают те же условия среды обитания, а именно: температуру – 22–25 °С; соленость – 18,0–18,4 ‰, освещенность – 200–250 лк в соответствии с суточным ритмом. Ежедневно вносят артемию разного возраста в количестве 1–2 экз.·мл⁻¹. Для рационального расходования живого корма его концентрируют, как отмечено выше. Мальки камбалы-калкан в возрасте около 70 сут, проходящие метаморфоз, достигают размеров 30 мм при массе 285–305 мг.

Таким образом, предлагаемый способ отличается от известных тем, что личинок содержат на разных этапах онтогенеза в повышающемся режиме температур, а их кормовые организмы концентрируются в воде путем переменного светового поля.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Реализация воспроизводства морских рыб проходит в несколько этапов.

1. Эффективное оплодотворение икры молоками.
2. Инкубация оплодотворенной икры с максимальным выходом предличинок.
3. Проектирование и создание технических приспособлений для инкубирования икры и выращивания личинок рыб.
4. Разведение фито- и зоопланктонных организмов в массовом количестве корма для рыб.

5. Изучение среды обитания при разведении кормовых организмов, инкубации икры и выращивании личинок в установках.

6. Исследование эколого-морфологических особенностей выращиваемой молодежи рыб в искусственных условиях.

Рассмотренные звенья взаимосвязаны, и изучение их направлено на познание функционирования искусственной экосистемы.

Исследование ранних периодов жизни культивируемых рыб с учетом влияния на них биотических и абиотических факторов среды является важным вкладом в создание морской аквакультуры (рыбоводства) в Азово-Черноморском бассейне, которая должна базироваться на единстве биологии и техники. Это является перспективным для решения биологических вопросов. Основные данные о биологической продуктивности водоема использованы применительно к замкнутым установкам. Они нашли свое отражение в методологической, технической и биологической сторонах работы.

Созданные для кормовых организмов и рыб автоматизированные устройства позволяют поддерживать параметры среды обитания икры и личинок рыб на уровнях, близких к природным.

На основе полученных результатов даны рекомендации по конструированию опытно-промышленной установки для инкубации икры и выращиванию молодежи камбалы-калкан в искусственных условиях. Предполагаемый экономический эффект от использования внедрения одной установки составит 104 тыс. руб. Подобная установка может быть использована на проектируемых морских рыбоводных заводах. Установка предполагает модернизацию при серийном изготовлении в соответствии с современными требованиями.

Полученную с помощью замкнутых установок жизнеспособную молодежь черноморских рыб бычка-кругляка и камбалы-калкан можно использовать для дальнейшего товарного выращивания и пополнения естественных рыбных запасов.

Таблица 25. Количество мальков, необходимое для получения промыслового вылова рыб — перспективных объектов марикультуры

Показатель	Кефале- вые	Султан- ка	Бычко- вые	Камбала- калкан	Камбала- гlossa
Максимальный вылов, тыс. ц	10,2	4,2	40,0	17,0	4,0
Масса особи, г	200	100	50	8500	300
Количество рыб, млн шт.	$5,1 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10^6$	$8,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$
Количество молоди рыб, млн шт.	$51 \cdot 10^6$	$42 \cdot 10^6$	$80 \cdot 10^7$	$20 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$
Выживаемость молоди рыб, %	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20

Если рассматривать морскую аквакультуру с точки зрения охраны рыбного населения Черного моря, то это предполагает его пополнение искусственно выращенной молодью рыб (табл. 25). Для изучения выживаемости личинок рыб при искусственном выращивании необходимо проводить исследования по выявлению в пределах толерантности оптимального режима условий среды на всех этапах раннего онтогенеза, а также совершенствовать методику выращивания организмов.

По нашему мнению, северная часть Черного моря является одной из основных частей водоема (изрезанность берегов, высокая кормность, повышенная средняя температура, наличие лиманов), пригодных для развития исследований в области многопрофильной новой отрасли рыбного хозяйства. Отмечено значительное содержание минеральных веществ, планктона, бентоса в Черном море [24, 37]. По результатам этих авторов биомасса организмов планктона больше биомассы бентоса в 10 раз. Группы животных организмов, обитающих в верхнем 200-метровом слое, составляют биомассу 60—70 млн т, т.е. на 1 м² моря приходится 150 организмов без рыб. По другим данным [61], Черное море, имея высокую продукцию зоопланктона и зообентоса, занимает одно из первых мест среди внутренних морей СССР. В.Н.Грезе [36] оценивает высокую продуктивность Черного моря по всей акватории в условиях эвтрофикации (табл. 26). Поэтому можно предположить, что искусственно полученная и выпущенная в водоем молодь рыб найдет для питания свободный планктон и бентос. Перспективными черноморскими промысловыми рыбами следует считать кефалевых (*Mugilidae*), камбалу-калкан (*Psetta maeotica*), камбалу-гlossу (*Platichthys flesus lascus*) и крупных бычков (*Gobiidae*) — типичных видов этого водоема [84]. Разумеется, освоение перечисленных видов рыб является только началом в создании морского рыбоводства на Азово-Черноморском бассейне.

При создании установок с замкнутым циклом водообеспечения прежде всего необходимо знать требования культивируемых объектов к основным факторам среды: температуре, освещенности, содержанию кислорода, pH, скорости потока и иметь возможность их регулирования.

Таблица 26. Биопродуктивность Черного моря [36]

Организм	Биомасса				Продукция			
	Сырая млн т	%	Сухая млн т	%	Сырая млн т	%	Сухая млн т	%
Бактерии	3,41	5,9	0,61	12,1	174,83	5,04	31,39	19,9
Фитопланктон	3,70	6,4	0,31	6,2	1213,60	35,00	102,00	65,1
Кормовой зоопланктон	10,10	17,3	0,48	9,4	1950,40	56,40	14,55	9,4
Зообентос	23,80	41,0	0,81	16,0	53,60	1,54	2,60	1,6
Фитобентос	16,50	28,4	2,72	53,7	72,10	2,00	6,27	3,9
Рыбы	0,62	1,0	0,13	2,6	0,68	0,02	0,15	0,1
Вся биота	58,13	100,0	5,06	100,0	3465,21	100,00	156,96	100,0

Температура — важнейший экологический фактор среды. Поэтому необходимо учитывать различную термочувствительность эмбрионов, личинок и мальков разных видов. Проведение экспериментов по оптимизации температурного режима должно включать длительное поддержание в каждом рабочем объеме постоянной температуры в широком диапазоне. Термоградиент в пространстве установок желателен от 0,1 до 1 °С за сутки.

Освещенность определяет суточную ритмику поведения организмов, их агрегацию. Оптимальные ее уровни видоспецифичны. Что касается личинок рыб, то их реакция на свет в процессе онтогенеза изменяется. При выращивании молоди рыб необходимо регулировать интенсивность освещенности от 0 до 100—300 лк.

Соленость в естественных условиях прибрежной зоны может изменяться в значительных пределах за счет стока воды, выпадения осадков, испарения, поэтому для заполнения установок морской водой необходимо использовать воду из участков моря, удаленных от берегов. Поддержание солености на определенном уровне особенно важно при инкубировании икры, так как незначительное ее снижение создает отрицательную плавучесть икринок и их погружение на дно, вызывая тем самым значительный отход.

Кислород в установках на уровне 100 % поддерживается за счет циркуляции воды с помощью аэрлифтов и принудительной аэрации, а также жизнедеятельности зеленых микроводорослей, которые увеличивают содержание O₂ в воде до 120 % насыщения.

Реакция pH среды в замкнутых системах с морской водой оставалась все время больше 8,0. Но во время функционирования системы осуществляется постоянный контроль за pH водной среды.

Водообмен для гидробионтов является важным фактором улучшения среды, обогащения ее кислородом и удаления метаболитов. Именно с этих позиций ведется расчет водоснабжения установок для целей инкубации икры и подращивания личинок. Однако регулирование скорости потока при подращивании личинок на ранних этапах необходи-

Таблица 27. Изменение содержания нитритного, нитратного и аммиачного азота и гетеротрофных бактерий в морской воде при включении водообмена между установками

Установка	NO_2^- , мкг·л ⁻¹	NO_3^- , мкг·л ⁻¹	NH_4^+ , мг·л ⁻¹	Гетеротрофные бактерии, кол·мл ⁻¹
50-метровая	13,5	3800	До 0,1	246912
50-метровая + + 200-литровая	3,9	965	До 0,04	4882

Таблица 28. Влияние обработки инкубаторов антибиотиками на разных этапах развития калкана

Номер опыта	Этап развития	Экспозиция, ч	Состояние эмбрионов и личинок
Контроль	Весь период	—	Аномалий не более 5 %, обросшая
1	Морула	2	То же, чистая
2	Закрытие бластопора	16	Аномалий нет, чистая
3	Свободная личинка	72	То же

мо проводить с учетом их этологии, малой сопротивляемости току воды.

Токсичность установок зависит от материала изготовления и выделения метаболитов живыми организмами. Загрязненность воды при выращивании личинок камбаль-калкан уменьшается, например, если культиватор объемом 50 л соединен с установкой на 200 л, где происходила биологическая фильтрация и стерилизация воды ультрафиолетом (табл. 27). Использование подобной замкнутой системы позволяет осуществить водообмен в более ранние сроки жизни личинок. Перевод личинок на внешнее питание в статичных условиях (без водообмена) очень быстро ухудшает гидрохимические показатели среды, увеличивая смертность. В испытанной системе, учитывая этологические особенности личинок калкана, подключение водообмена возможно в возрасте 3,5—4,0 сут, в момент перехода на внешнее питание.

Загрязненность воды может быть уменьшена путем использования антибиотиков и ультрафиолетового облучения. На основании проведенных исследований по применению антибиотиков (пенициллина и стрептомицина по 10 тыс. ед. на 1 л воды) показано их различное влияние на разных этапах и периодах развития (табл. 28). При обработке емкостей в течение 30 мин икра не обрастает и аномалий либо мало, либо не наблюдается. Однако применение антибиотиков в личиночный период жизни необходимо, очевидно, исключить, так как возможны грибковые заболевания пенициллинового происхождения. Ежедневная стерилизация воды с помощью ультрафиолетового облучения в течение 2 ч в сутки приводит к угнетению бактериального населения. К 14-м сут-

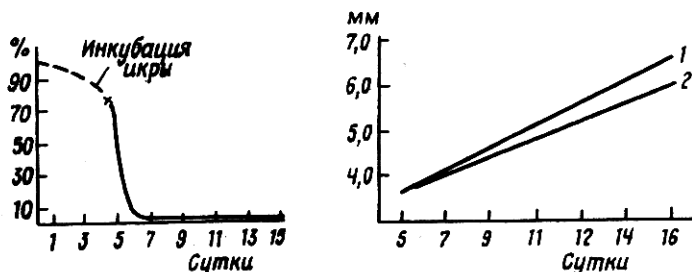


Рис. 57. Выживаемость эмбрионов и личинок камбалы-калкан в культиваторах, выполненных из технического оргстекла (неоднократное использование)

Рис. 58. Рост личинок камбалы-калкан в культиваторах, выполненных из технического оргстекла:

1 — после первого года эксплуатации установки, 2 — после многократного использования установки

кам эксперимента содержание гетеротрофов оказывается на два порядка ниже по сравнению с количеством гетеротрофов в установках без облучения воды.

В установках, изготовленных из технического оргстекла, после 2–3-летнего использования происходит выщелачивание из него токсических веществ (особенно, как мы предполагаем, при воздействии ультрафиолетом). О возможности выделения токсических веществ пластиками сообщено в работах А.Жигина и др. [41, 135, 144]. В используемых системах с пресной водой оргстеклом выделяются этилфталаты. После заполнения системы водой максимальное содержание фталатов отмечено на 4–5-е сутки. В многократно используемых установках из оргстекла сразу после выклева происходит большой отход личинок, составляющий 80–90 %. Как показали наши опыты с камбалой-калкан, оставшиеся личинки погибают в течение 2–3 сут и выживаемость на 5–6-е сутки составляет 0,2–0,3 % (рис. 57). Рост единичных личинок калкана в возрасте 5–16 сут, содержащихся в культиваторах из технического оргстекла, при длительной эксплуатации почти такой же, как и в культиваторах, используемых первый год (рис. 58). Взрослая черноморская султанка, содержащаяся в установках из технического оргстекла, не испытывала влияния токсических веществ.

При культивировании рыб необходимо знать критерии, на основании которых можно оценивать соответствие условий выращивания определенным этапам развития икринок и личинок. В процессе развития некоторая часть личинок обнаруживает явные морфологические отклонения, которые могут быть следствием искусственного оплодотворения и тератогенного влияния факторов среды (действия низких или высоких температур вне предела оптимума, воздействия токсических веществ, нарушения кислородного, гидрохимического режимов среды

и т.д.). Однако у ряда личинок не обнаруживается заметных морфологических отклонений от нормы. В этом случае критериями нормального состояния личинок могут быть этологические, анатомические и гистологические признаки, в своей совокупности характеризующие норму и отклонения от нормального хода развития. Показательными в этом отношении, в частности, являются реакция на свет, развитие пищеварительной системы, приуроченность к определенному горизонту, тип плавания [11]. Переход к массовому выращиванию морских рыб возможен на основании экспериментальных данных по культивированию рыб в искусственных экосистемах.

Полученные нами экспериментальные данные легли в основу разработанных способов искусственного разведения черноморских бычка-кругляка и камбалы-калкан [127, 128].

* * *

1. Морская аквакультура (в том числе морское рыбоводство) специфична для разных регионов и базируется на новой технологии, достижениях научно-технического прогресса.

2. В условиях антропогенного загрязнения морских вод и для обеспечения воспроизводства рыб следует использовать установки с замкнутым циклом водообеспечения, позволяющие не только регистрировать и регулировать параметры окружающей среды, но и поддерживать на протяжении длительного времени качество воды. Данные этой работы важны для дальнейшего познания ранних стадий изучаемых видов рыб.

3. На основе данных эксплуатации лабораторных автоматизированных установок с замкнутым циклом водообеспечения предложено техническое задание и изготовлен рабочий проект опытно-промышленной установки, предназначенной для инкубирования пелагической икры и подращивания личинок морских рыб.

4. Наличие в системе блоков аэрации, механической, биологической и химической фильтраций улучшает качество воды; при этом на 60-е сутки наблюдаются уменьшение азотных, фосфорных соединений, количества гетеротрофных бактерий, увеличение кислорода в водной среде. Эти показатели среды в установках имеют циклический характер.

5. В замкнутых экосистемах при культивировании рыб удобными кормовыми организмами являются одноклеточные водоросли (*Platymonas viridis*, *Dunaliella tertiolecta* и др.) при концентрации 10^5 – 10^6 экз.·мл⁻¹, коловратка (*Brachionus plicatilis*) при концентрации 1,5–3,0 экз.·мл⁻¹, артемия (*Artemia salina*) при концентрации до 3,0 экз.·мл⁻¹.

6. Для питания изученных личинок рыб рекомендуется наращивание коловраток в установках до нужной концентрации; науплии и взрослые артемии задаются в емкости.

7. Запас питательных веществ в икре рыб влияет на уровень сформированности потомства после выклева и уменьшается в процессе растянутого порционного нереста. Как правило, икра в конце нерестового периода менее обеспечена липидами, гликогеном и свободными аминокислотами белка. С точки зрения энергетики ранних периодов жизни, личинка бычка-кругляка более обеспечена питательными веществами, чем личинка камбалы-калкан.

8. Различия в обеспеченности питательными веществами и сформированности органов объясняют перевод личинок рыб на живой стартовый корм (коловратка) у бычка-кругляка — на 5–6-е сутки после выклева, у камбалы-калкан — на 3-и сутки после выклева.

9. Культивирование черноморского бычка-кругляка проведено от икры до получения половозрелых особей, а черноморской камбалы-калкан — от икры до 100-суточного возраста (стадия метаморфоза мальков). Оптимальный температурный режим эмбрионального развития бычка-кругляка — 15,5–19,5 °С, камбалы-калкан — 12–15 °С. Оптимальный температурный режим личиночного развития у бычка-кругляка — 16–20 °С, у камбалы-калкан — 16–18 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аронович Т.М., Борисенко В.С., Воробьева Н.К.* Метаморфоз камбалы-калкана в лабораторных условиях // Рыбное хоз-во. — 1977. — № 7. — С. 20–22.
2. *Аронович Т.М., Супрунович А.В., Спекторова Л.В., Блинова Е.И.* Результаты научных исследований и опыт работы СССР в области марикультуры. — М., 1976. — 59 с. — (Обзор. информ. рыбохозяйств. использ. ресурсов Мирового океана / ЦНИИТЭИРХ, Вып. 3).
3. *Аронович Т.М., Спешилов Л.И., Супрунович А.В., Спекторова Л.В.* Современное состояние и зарубежный опыт в области марикультуры. — М., 1976. — 76 с. — (Обзор. информ. Сер. 1, Рыбохозяйств. использ. ресурсов Мирового океана).
4. *Бардач Дж., Рутер Дж., Макларин У.* Аквакультура. Разведение и выращивание пресноводных и морских организмов. — М.: Пищ. пром-сть, 1978. — 294 с.
5. *Белляев Б.Н.* Оптимизация условий культивирования гидробионтов в искусственных экосистемах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1982. — 19 с.
6. *Белляев Б.Н.* Управление природной средой. — Киев: Наук. думка, 1973. — 128 с.
7. *Белляев Б.Н., Белляев В.И., Чепурнов А.В.* Автоматизированная система поддержания физико-химических условий среды, благоприятных для выращивания морских организмов // Автоматизация научных исследований в химии и химической технологии. — Баку, 1977. — С. 197–201.
8. *Белляев В.И., Чепурнов О.В., Белляев Б.М.* Про організацію фундаментальних досліджень у зв'язку з проблемою створення керованих морських господарств аквакультури // Вісник АН УРСР. — 1976. — № 1. — С. 82–88.
9. *Белляев В.И., Чепурнов А.В.* Моделирование выживаемости рыб на ранних этапах онтогенеза при искусственном выращивании // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1976. — № 1. — С. 71–74.
10. *Белляев В.И., Чепурнов А.В.* Теоретические аспекты инженерной экологии и марикультуры // Тез. докл. Вторая всесоюз. конф. по биологии шельфа (Севастополь, 1978 г.) — Киев, 1978. — Ч. 1. — С. 3–4.
11. *Битюкова Ю.Е.* Морфо-экологические особенности раннего онтогенеза черноморской камбалы-калкан *Psetta maotica* Pallas в условиях искусственного выращивания: Дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1986. — 208 с. — Машинопись.
12. *Битюкова Ю.Е., Терещенко В.Н., Ткаченко Н.К., Чепурнов А.В.* Температурные адаптации черноморской камбалы-калкан *Psetta maotica* Pallas (Scophthalmidae) в период эмбрионального развития // V Всесоюз. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб. — Киев, 1982. — Ч. 3. — С. 14–15.
13. *Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К., Чепурнов А.В.* Термочувствительность калкана *Psetta maotica* Pallas (Scophthalmidae) в период эмбрионального развития при искусственном выращивании // Вопр. ихтиологии. — 1984. — 24, Вып. 3. — С. 459–463.
14. *Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К.* Получение личинок черноморской камбалы-калкан на этапе смешанного питания при искусственном выращивании // Тез. докл. Четвертого Всесоюз. совещ. по научно-техническим проблемам мари-

культуры (Владивосток, 27 сент. — 10 окт. 1983 г.) — Владивосток, 1983. — С. 36—37.

15. *Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К., Челурнов А.В.* Толерантность молоди бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus Pallas*) к голоданию в искусственных условиях // Экология моря. — 1980. — Вып. 1. — С. 92—98.
16. *Билько В.П.* Влияние рН среды на оплодотворяемость икры разного качества // Разнокачественность раннего онтогенеза у рыб. — Киев : Наук. думка, 1974. — С. 170—175.
17. *Блинова Е.И., Перельдов М.В., Арванович Т.М., Владовская С.А.* Культивирование морских водорослей, беспозвоночных и рыб за рубежом // Инф. ЦНИИТЭИРХ МРХ СССР. — 1985. — Вып. 1. — С. 1—62.
18. *Богатова И.Б., Долина М.Ю., Гусев Б.Е.* Заготовка, очистка и хранение яиц артемии // Освоение тепловых вод для энергетических объектов для интенсивного рыболовства. — Киев : Наук. думка, 1978. — С. 241—245.
19. *Борисенко В.С.* Морфо-экологические особенности личинок камбалы-калкан (*Scophthalmus maeoticus Pallas*) и кефали лобана (*Mugil cephalus L.*) в связи с искусственным воспроизводством : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1980. — 28 с.
20. *Бурдин К.С., Лямин М.Я.* Использование лабораторных и полевых микроэкосистем при изучении водных биогеоценозов // Человек и биосфера. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980. — Вып. 4. — С. 6—55.
21. *Буханевич И.Б.* Теоретические предпосылки к созданию управляемого рыбного хозяйства на южных морях СССР // Охрана и воспроизводство рыбных запасов бассейна Каспийского моря. — М., 1986. — С. 76—82.
22. *Вернидуб М.Ф.* Влияние изменяющихся условий развития яиц и ранних личинок рыб на их физиологическое состояние и выживаемость // Учен. зап. Ленинград. ун-та. — Сер. биол. наук. — 1951. — Вып. 29. — С. 3—40.
23. *Вовк П.С.* Реакция эмбрионов и личинок белого амура на температурные воздействия // Разнокачественность раннего онтогенеза у рыб. — Киев : Наук. думка, 1974. — С. 191—226.
24. *Водяницкий В.А.* О проблеме биологической продуктивности водоемов и, в частности, Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1954. — 8. — С. 347—433.
25. *Воронов П.М.* Способы заготовки и очистки яиц артемии *Artemia salina* // Тр. ВНИРО. — 1973. — 94. — С. 179—185.
26. *Воронов П.М.* Активация яиц *Artemia salina* // Зоол. журн. — 1976. — 55, вып. 4. — С. 521—525.
27. *Воскресенский К.И., Хайдаров И.Ш.* Стимуляция выклева науплиев из яиц артемии // Вестн. Моск. ун-та. — Сер. биология и появоведение. — 1967. — № 1. — С. 3—11.
28. *Влияние* качества производителей на потомство рыб // Под ред. В.И.Владимирова. — Киев : Наук. думка, 1965. — 144 с.
29. *Гак Д.З.* Бактериопланктон и его роль в биологической продуктивности водохранилищ — М. : Наука, 1975. — 253 с.
30. *Галактионова Е.Л.* Экспериментальные исследования воздействия солености и рН на развивающуюся икру и личинок пеляди // Биология промысловых рыб и беспозвоночных на ранних стадиях развития. — Мурманск, 1974. — С. 46—48.
31. *Галковская Г.А., Сущенко Л.М.* Рост водных животных при переменных температурах. — Минск : Наука и техника. — 1978. — 141 с.
32. *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.
33. *Городилов Ю.Н.* О проблеме оптимизации условий развития при искусственном разведении промысловых рыб // Биология промысловых рыб и бес-

- позвоночных на ранних стадиях развития. — Мурманск, 1974. — С. 51—53.
34. *Городилов Ю.Н., Свимонишвили Т.Н.* Результаты инкубации зародышей атлантического лосося при некоторых постоянных температурах // Биология промысловых рыб и беспозвоночных на ранних стадиях развития. — Мурманск, 1974. — С. 53—55.
 35. *Голубовская Э.К.* Биологические основы очистки вод. — М.: Высшая школа. — 1978. — 268 с.
 36. *Грезе В.Н.* Экосистема Черного моря: підсумки і перспективи дослідження // Вісник АН УРСР. — 1985. — № 4. — С. 24—32.
 37. *Дячко В.Г.* Органическое вещество в водах южных морей СССР. — М.: Изд-во АН СССР. — 1959. — 271 с.
 38. *Дергалева Ж.Т., Шатуновский М.И.* Данные о липидном обмене личинок моллюда полосатого окуня *Mogone saxatilis* (Mitchill) // Вопр. ихтиологии. — 1977. — 17, вып. 5. — С. 947—949.
 39. *Дехник Т.В.* Ихтиопланктон Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1973. — 236 с.
 40. *Душкина Л.А.* Основные направления морской аквакультуры в СССР // Аквакультура в СССР и США. — М., 1985. — С. 3—4.
 41. *Жигин А., Святланова Г., Тряхова Т.* Токсикологическая оценка синтетических материалов в рыбоводных установках // Рыбоводство. — 1985. — № 4. — С. 12—13.
 42. *Зайцев В.П.* Современное состояние и перспективы развития марикультуры // Рыбное хозяйство. — 1975. — № 10. — С. 18—20.
 43. *Златанова С.* Марикультура на Средиземноморском и Атлантическом побережье Франции // Рыбно хозяйство. — 1983. — 29, № 8. — С. 527—529.
 44. *Иванов В.Н.* Получение икры камбаль-калкан для инкубации в лабораторных условиях. Опыт массовой инкубации экспериментального материала // Биологические основы морской аквакультуры. — Киев: Наук. думка, 1975. — С. 21—24.
 45. *Ивлева И.В.* Биологические основы и методы культивирования кормовых беспозвоночных. — М.: Наука, 1969. — 170 с.
 46. *Калинина Э.М.* Возрастные изменения пластических признаков у черноморского калкана *Rhombus maeoticus* Pallas // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1959. — 11. — С. 164—166.
 47. *Калинина Э.М.* Размножение и развитие азово-черноморских бычков. — Киев: Наук. думка. — 1976. — 117 с.
 48. *Карлович А.Ф.* Некоторые научные аспекты аквакультуры // Культивирование морских организмов. — М., 1985. — С. 3—25.
 49. *Келлер К.* Жизнь моря. — Спб, 1905. — 688 с.
 50. *Кинне О.* Реализм в аквакультуре — точка зрения эколога // Биология моря. — 1983. — № 6. — С. 3—10.
 51. *Ковтун И.Ф.* О плодовитости бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas) Азовского моря // Вопр. ихтиологии. — 1977. — 17, вып. 4. — С. 642—649.
 52. *Кокова В.Е.* Непрерывное культивирование беспозвоночных. — Новосибирск: Наука, 1982. — 168 с.
 53. *Кондратьева Т.М.* Изменения содержания общего белка и фракционного состава белков сыворотки крови некоторых черноморских рыб в период нереста // Гидробиол. журн. — 1977. — 13, вып. 4. — С. 75—79.
 54. *Кривобок М.Н., Тарковская О.И.* Некоторые особенности обмена веществ у осетра и севрюги на ранних стадиях развития // Вопр. ихтиологии. — 1970. — 10, вып. 3 (62). — С. 469—474.
 55. *Куликова Н.И., Фандеева В.Н.* О порционности икротетания азовского бычка-кругляка // Тр. ВНИРО. — 1975. — 96. — С. 18—27.
 56. *Лавровская Н.Ф.* Взаимосвязь морских аквакультур с промыслом. — М., 1976. — 32 с. — (Обзор. информ. Сер. 1, Рыбохозяйств. использ. ресурсов Мирового океана (ЦНИИТЭИР, Вып. 5).

57. *Ляпин В.И., Мещук В.Е.* Утилизация желтка и изменение биохимического состава наваги *Eleginus naevaga* Pallas в процессе эмбрионального развития // *Вопр. ихтиологии.* — 1979. — 19. Вып. 2. — С. 341—346.
58. *Лебедева О.П., Мешков М.М.* Изменение сроков закладки органов и продолжительности эмбриогенеза у радужной форели (*Salmo gairdneri*) в зависимости от температуры // *Изв. Гос. НИИ озер и реч. рыб. хоз-ва.* — 1969. — 68. — С. 136—155.
59. *Марты Ю.Ю.* Материалы к биологии черноморской камбаль-калкан (*Rhombus taeoticus* Pallas) // *Научная деятельность Н.М.Книповича.* — М.; Л.: Пищепромиздат, 1939. — С. 232—254.
60. *Максимов В.Н., Федоров В.Д.* О математическом планировании биологических экспериментов // *Изв. АН СССР. Сер. биол.* — 1966. — № 6. — С. 864—877.
61. *Моисеев П.А.* Биологические ресурсы Мирового океана. — М.: Пищ. пром-сть, 1969. — 338 с.
62. *Моисеев П.А.* Биологические ресурсы Мирового океана и перспективы их использования // *Вопр. ихтиологии.* — 1977. — 17. Вып. 5. — С. 795—801.
63. *Моисеев П.А.* Перспективы развития морской аквакультуры в СССР // *Биологические ресурсы Мирового океана.* — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — С. 201—208.
64. *Моисеев П.А.* Мировое рыболовство и мариккультура // *Биология моря.* — 1974. — № 5. — С. 54—57.
65. *Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романичева О.Д.* Морская аквакультура. — М.: Агрпромпиздат, 1985. — 253 с.
66. *Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романичева О.Д., Блинова Е.И., Сальников Н.Е.* Морская аквакультура. — М.: Агрпромпиздат, 1985. — 251 с.
67. *Моисеев Е.Б., Руденко В.И.* О нересте бычка-кругляка (*Gobius melanostomus* Pallas) в аквариальных условиях в зимний период // *Вопр. ихтиологии.* — 1978. — 18. Вып. 4 (11). — С. 177—179.
68. *Москалькова К.И.* Морфо-экологические особенности развития бычка-кругляка *Gobius melanostomus* (Pal.) // *Морфо-экологический анализ развития рыб.* — М.: Наука, 1967. — С. 48—76.
69. *Мунтян С.П., Резниченко П.Н.* Влияние постоянных температур инкубации на выживаемость икры судака // *Обмен веществ и биохимия рыб.* — М.: Наука, 1967. — С. 140—143.
70. *Нарыгин О.А.* Регулирование параметров водной среды в аквариальных системах полупроточного и замкнутого типов // *Материалы Всесоюз. совещ. (Керчь, 19—22 янв. 1976 г.).* — М., 1976. — С. 98—100.
71. *Никольский Г.В.* Теория динамики стада рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1974. — 447 с.
72. *Одум Ю.О.* Основы экологии. — М.: Мир, 1975. — 740 с.
73. *Патин С.А.* Всемирная конференция по аквакультуре. Венеция, 21—25 сентября 1985 г. // *Вопр. ихтиологии.* — 1985. — 23. Вып. 1. — С. 168—171.
74. *Патин С.А.* Мировая и отечественная мариккультура: достижения, трудности, перспективы // *Всесоюз. симпоз. "Теоретические основы аквакультуры"* (Москва, 2—4 февр. 1983 г.). — М., 1983. — С. 46—47.
75. *Патон Б.С.* Створення нових технологій — актуальне завдання науковців // *Вісник АН УРСР.* — 1979. — № 12. — С. 54—64.
76. *Попова В.П.* Об искусственном разведении черноморской камбаль-калкан // *Рыбное хоз-во.* — 1969. — № 5. — С. 16—17.
77. *Прохорова М.И., Туликова З.И.* Большой практикум по углеводному и липидному обмену. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1965. — 247 с.
78. *Разнокачественность раннего онтогенеза у рыб* // *Под ред. В.И.Владимирова.* — Киев: Наук. думка, 1974. — 260 с.
79. *Рещеперин В.К.* Экология размножения бычка-кругляка *Neogobius mel-*

- postomus Азовского моря. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Калининград, 1967. — 18 с.
80. *Ревнищев В.В.* Развитие рыбоводства в Азово-Черноморском бассейне // Рыбное хозяйство. — 1981. — № 5. — С. 11—13.
 81. *Резниченко П.Н., Котляревская Н.В., Гулидов М.В.* Влияние постоянных температур инкубации на выживаемость икры плотвы // Тр. Ин-та морфологии животных. — 1962. — Вып. 40. — С. 247—254.
 82. *Резниченко П.Н., Котляревская Н.В., Гулидов М.В.* Выживаемость икры щуки при постоянных температурах инкубации // Морфо-экологический анализ развития рыб. — М.: Наука, 1967. — С. 200—212.
 83. *Свенко Г.Н.* Марикультура — состояние и перспективы. 4 Всесоюз. совещ. по марикультуре. Владивосток, сентябрь 1983 г. // Океанология. — 1985. — 25. Вып. 1. — С. 166—167.
 84. *Сальников Н.Е., Аранович Т.М.* О выборе объектов для марикультуры // Тр. ВНИИ морск. рыбы, хозяйства и океанографии. — 1979. — 138. — С. 6—10.
 85. *Серебряков В.П.* Современное состояние исследований выживания икринок и личинок промысловых рыб // Биология промысловых рыб, беспозвоночных на ранних стадиях развития. — Мурманск, 1974. — С. 198—199.
 86. *Слуцкий Е.С.* Изменчивость длины тела вылупляющихся эмбрионов белого амура в условиях искусственного воспроизводства // Изв. Гос. НИИ озер и реч. рыб. хозяйства. — 1971. — 75. — С. 67—69.
 87. *Сорокин Ю.И.* Роль бактерий в жизни водоемов. — М.: Знание, 1974. — Сер. биол. — 64 с.
 88. *Спекторова Л.В.* Морская флагаеллята (*Platymonas viridis* Fouch.) как объект для культивирования // Докл. АН СССР. — 1981. — 257, № 3. — С. 662—664.
 89. *Спекторова Л.В.* Обзор зарубежного опыта разведения артемии для использования в аквакультуре // Инф. ЦНИИТЭИРХ МРХ СССР. — 1984. — С. 3—63.
 90. *Слотт С.* Содержание рыбы в замкнутых системах. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. — 190 с.
 91. *Старушенко Л.Н., Страутман Н.Ф.* Искусственные нерестилища бычков // Рыбное хозяйство. — 1977. — № 4. — С. 33.
 92. *Стеффенс В.* Индустриальные методы выращивания рыб. — М.: Агропромиздат, 1985. — 383 с.
 93. *Татарко К.И.* Влияние температуры на эмбриональное развитие прудового карпа // Гидробиол. журн. — 1965. — 1, № 1. — С. 102—105.
 94. *Ткаченко Н.К.* Особенности созревания и нереста бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas) Черного моря в естественных и искусственных условиях // Экология моря. — 1980. — Вып. 1. — С. 88—92.
 95. *Ткаченко Н.К., Чепурное А.В.* Исследование липидов черноморских бычка-кругляка и камбаль-калкан в раннем онтогенезе // Материалы Всесоюз. совещ. (Керчь, 19—22 янв. 1976 г.) по морской аквакультуре. — М., 1976. — С. 27—29.
 96. *Уитон Ф.* Техническое обеспечение аквакультуры. — М.: Агропромиздат, 1985. — 528 с.
 97. *Ханайченко А.Н.* Культивирование *Brachionus plicatilis* Müller при пониженных температурах на разных кормах // Материалы второго Всесоюз. симпозиума по коловраткам (Ленинград, 1983 г.). — Л., 1985. — С. 111—116.
 98. *Хмельев Н.Н., Романова З.А.* Изменение массы и калорийности некоторых ракообразных за период эмбриогенеза // Биология моря. — 1978. — Вып. 46. — С. 54—60.
 99. *Чепурное А.В.* Задачи отечественной ихтиологии в связи с развитием морской аквакультуры // Вопр. ихтиологии. — 1976. — 16. Вып. 2 (97). — С. 227—232.
 100. *Чепурное А.В.* К вопросу культивирования морских рыб в замкнутых системах // Экология моря. — 1984. — Вып. 17. — С. 94—102.

101. *Чепурное А.В., Беллев Б.Н.* Интенсификация морских экологических исследований с помощью новой экспериментальной техники // Биология моря, Киев. — 1976. — Вып. 38. — С. 67—76.
102. *Чепурное А.В., Беллев Б.Н., Смирнов С.С., Шипенко П.Н., Белокопытина Н.М., Мартынов З.А.* Автоматическое устройство для инкубации икры и выращивания молоди калкана // Рыбное хоз-во. — 1982. — № 6. — С. 59—60.
103. *Чепурное А.В., Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К.* Перспективы развития морского рыбоводства на Черном море // Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной части Крыма. — Севастополь, 1983. — С. 186—187.
104. *Чепурное А.В., Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К.* Выращивание личинок морских рыб в установках с замкнутой циркуляцией воды // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР. — М.: Наука, 1985. — С. 97—110.
105. *Чепурное А.В., Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К.* Пищевое поведение личинок камбаль-калкан *Psetta tæotica* Pallas на этапе смешанного питания и плотность кормовых организмов при культивировании // Экология моря. — 1986. — Вып. 24. — С. 83—87.
106. *Чепурное А.В., Ткаченко Н.К., Денисова Л.И.* К вопросу о морфо-физиологической изменчивости камбаль-калкан Черного моря на ранних этапах онтогенеза в связи с проблемой ее искусственного разведения // Биол. основы морской аквакультуры. — Киев, 1975. — Вып. 1. — С. 12—20.
107. *Чепурное А.В., Ткаченко Н.К.* Изменения в составе липидов самок и самцов черноморского бычка-кругляка в период нереста и раннего онтогенеза // Материалы Всесоюз. симпози. по изученности Черного и Средиземного морей, использования и охране их ресурсов (Севастополь, окт. 1973 г.). — Киев: Наук. думка, 1973. — С. 212—216.
108. *Чепурное А.В., Рубцова М.Г., Чепурнова Э.А., Беллев Б.Н.* Предварительные результаты испытания лабораторной установки с замкнутой циркуляцией воды // Гидробиол. журн. — 1978. — 14, № 6. — С. 107—108.
109. *Чепурнова Э.А., Лебедева М.Н.* О статистической обработке данных, полученных методом подсчета бактериальных колоний на чашках Петри // Там же. — 1972. — 8, № 1. — С. 106—112.
110. *Шабдаш А.Л.* Рациональная методика гистохимического обнаружения гликогена и ее теоретическое обоснование // Изв. АН СССР. Сер. биол. — 1947. — № 6. — С. 745—760.
111. *Шатуновский М.И.* Динамика жирности и обводненности мяса и гонад балтийской речной камбалы и ее связь с особенностями созревания гонад // Вопр. ихтиологии. — 1963. — 3, Вып. 4. — С. 652—667.
112. *Шатуновский М.И.* Особенности качественного состава жиров икры, молоди и нерестовых самок весенней и осенней салаки Рижского залива, Балтийского моря // Там же. — 1970. — 10, Вып. 6. — С. 1026—1034.
113. *Шестакова Л.Г.* Изучение состава липидов в ходе эмбрионально-личиночного периода развития радужной форели // Изв. Гос. НИИ озер и реч. хоз-ва). — 1976. — 113. — С. 59—61.
114. *Шульман Г.Е.* Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 367 с.
115. *Щепкин В.Я.* Исследование липидного состава ставриды и скорпены Черного моря в связи с особенностями их биологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Харьков, 1973. — 23 с.
116. *Экологическая физиология морских планктонных водорослей* // Под ред. К.М.Хайлова. — Киев: Наук. думка, 1971. — 204 с.
117. *Яковлева К.К., Шульман Г.Е.* Соотношение белкового роста и жиронакопления у черноморской скорпены // Биология моря. — 1977. — № 1. — С. 78—81.
118. *А.с. 824920 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00.* Устройство для концентрирования фито- и зоопланктона // Б.Н.Беллев. — Опубл. 30.04.81. Бюл. № 16.

119. А.с. 925273 СССР МКИ³ А 01 К 61/00. Установка для содержания водных организмов // Б.Н.Беляев, — Оpubл. 07.05.82. Бюл. № 17.
120. А.с. 919642 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Устройство для концентрирования фито- и зоопланктона / Б.Н.Беляев, В.И.Белоиваненко. — Оpubл. 15.04.82. Бюл. № 14.
121. А.с. 529821, МКИ² А 01 К 61/00. Устройство для инкубации икры и выращивания личинок рыб / Б.Н.Беляев, А.В.Чепурнов. — Оpubл. 30.09.76. Бюл. №36.
122. А.с. 789067 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Установка для содержания водных организмов / Б.Н.Беляев, А.В.Чепурнов. — Оpubл. 23.12.80. Бюл. № 47.
123. А.с. 873997 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Устройство для концентрирования живых организмов / Б.Н.Беляев, А.В.Чепурнов. — Оpubл. 23.10.81. Бюл. №39.
124. А.с. 805963 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Устройство для исследования давлений на водные организмы / Б.Н.Беляев, А.В.Чепурнов. — Оpubл. 23.01.81. Бюл. № 7.
125. А.с. 656603 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Способ отделения жизнеспособных яиц артемии от примесей и нежизнеспособных яиц / Б.Н.Беляев, В.Н.Федотова. — Оpubл. 15.04.79, Бюл. 14.
126. А.с. 969217 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Устройство для инкубации икры и выдерживания личинок рыб / В.Б.Владимирцев, Ю.Н.Чувилко. — Оpubл. 27.10.82, Бюл. № 40.
127. А.с. 1007620 СССР, МКИ³ 01 К 61/00. Способ искусственного разведения бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* Pallas / Н.К.Ткаченко, А.В.Чепурнов, Б.Н.Беляев, Ю.Е.Битюкова. — Оpubл. 30.03.83, Бюл. № 12.
128. А.с. 847961 СССР, МКИ³ А 01 К 61/00. Способ искусственного разведения черноморской камбаль-калкана / А.В.Чепурнов, Ю.Е.Битюкова, Н.К.Ткаченко, Б.Н.Беляев. — Оpubл. 23.07.81, Бюл. № 27.
129. *Beamish R.J.* Lethal PH for white Sucer *Catostomus commerson* (Lacepede) // *Frans. Amer. Fish. Soc.* — 1972. — 101, N 2. — P. 38—43;
130. *Blaxter J.H.S.* The effect of extremes of temperature on herring larvae // *J.Mar. Biol. Assoc. U.K.* — 1960. — 39, N 3. — P. 605—608.
131. *Blaxter J.H.S., Holliday F.Y.T.* The behaviour and physiology of herring and other clupeids // *Adv. Mar. Biol.* — 1963. — N 1. — P. 261—293.
132. *Brayn P.G., Madrasau B.B.* Larval rearing and development *Siganus lineatus* (Pisces, Siganidae) from hatching thruht metamorphosis // *Aquaculture.* — 1977. — 10, N 3. — P. 243—250.
133. *Brownell Ch.H.* Water quality requirment for fost feeding in marine fish larvae (Ammonia, nitrite, nitrate) // *J.Exp. Mar. Biol. and Ecol.* — 1980. — 44, N 2/3. — P. 269—283.
134. *Cain T.D.* The combined effect of temperature and salinity on Embryos and larvae of the Clan *Rongia cuneata* // *Mar. biol.* — 1973. — 21. — P. 1—5.
135. *Carmigneni G.M., Bennet J.P.* Leaching of plastic used in closed aquaculture system // *Aquaculture.* — 1976. — N 7. — P. 89—91.
136. *Ernoul P., Ricord J.M.L.* L'aquaculture // *Cah. franc.* — 1982. — P. 42—43.
137. *Folch J., Zees N., Stanly G.* A simple method for the isolation and purification of total lipids from animals tissues // *J. Biol. Chem.* — 1957. — 226, N 4. — P. 497—509.
138. *Frank De Graff F.* Das Tropische meer-wasser aquarium // *Neumann verlag.* — 1973. — 323 p.
139. *Keis G.* Uber den temperature ein Flus auf die Erbutung der Eier des Karpfens (*Cyprinus carpio* L. Vertebrata, Pisces) // *Naturwissenschaften.* — 1959. — 46. — P. 51—58.
140. *Kinne O.* International Symposium "Cultivation of marin organism and its importance for marine biology" // *Helgoländ. Wiss. Meersuntersuch.* — 1970. — 20, N 1. — P. 1—5.
141. *Girin M.* Feeding problems and the technology of rearing marine fish larvae // *Fin-fish Nutrition and Fishfeed Technol. Proc., World Symp., Hamburg.* — 1979. — N 1. — P. 359—368.

142. *Girin M., Ruget J.* L'élevage larvaires des poissons marins: chaînes alimentaire et aliments composés // Bull. Franc. Piscicult. — 1977. — **49**. — P. 88—101.
143. *Girin M., Harache U.* Levege des poissons en eau de mer: nouveaux resnitates français en materié de recherche et de development // FAO Techn. Conf. Aquaculture.— 1976. — **E43**, 11. — 12 p.
144. *Gregory A., Gregory D., Dadié A.* Biological treatability study of wastewater from a nylon fibers and plastics facility // Proc. 38th Ind. Waste Conf., West Lafayette, Ind. May 10—12 1983, Boston. — 1984. — P. 201—210.
145. *Heathcothe L., Haworth C.* The direct determinational or aminoacide on thinlayer chromatogrms by Densitometry // J. Biochem. — 1969. — **114**, 3. — P. 667—668.
146. *Hickling C.F.* Fish-culture. — London. — 1971. — 295 p.
147. *Honn K.V., Chavin W.* Prototype design for a closed marine System employing quarantine wate processing // Mar. Biol. — 1975. — **31**. — P. 293—298.
148. *Hull S., Edwardson R.D.* Experimente in farming turbout *Scophthalmus maximus*, in floating sea cages progress since 1970 by the British white fish Autory // FAO Tech. Conf. Aquaculture. — 1976. — **32**. — P. 43—46.
149. *Chakroff Marilyn.* Aquaculture extension services review // FAO, Fish. Circ. — 1982. — N 747. — 25 p.
150. *May R.C.* An annotated bibliography of attempts to rear the larvae of marine fishes in laboratory // Spec. Rept. US Fish. Wildt. Serv. — 1972. — **632**. — P. 1—24.
151. *Scott A.P., Baynes S.M.* Effect of algae diet and temperature on the biochemical composition of the Rotifer *Brachionus plicatilis* // Aquaculture. — 1978. — **14**, 3. — P. 247—260.
152. *Seifter S., Dayton S., Novic B.* The estimation of glycogen with the anthrone reagent // Archiv Biochem. and Biophys. — 1950. — **25**, 1. — P. 191—200.
153. *Simpson A.C.* The spawning of the plaice in the North Sea // Fish. invest. — London. — 1959. — **2**, 22(7). — 111 p.
154. *Spotte S.* Aquarium Techniques; Closed-System. Marine Aquarium // Experim. Mar. Biol. — N—Y—Lnd. — Academic press. — 1974. — P. 2—19.
155. *Spotte S.* Fish and invertebrate culture. Water menagement in closed system. — New York, 1979. — 179 p.
156. *Shelbourne J.* The artificial propagation of marine fish // Mar. Biol. — 1964. — **2**. — P. 1—83.
157. *Shepherd C.J.* Aquaculture woldwide // Vet. Rec. — 1983. — **112**, N 4. — P. 73—76.
158. *Swift Donald R.* Aquaculture training manual // Fish. News Books. — 1985. — 135 p.
159. *Theilacker C.N., Mc Master M.F.* Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evolution as a food for larvae anchovies // Mar. Biol. — 1971. — **10**, 2. — P. 183—188.
160. *Tiews Klaus.* Bedeutung und Möglichkeiten von Aquakulturen in der Nord und Ostsee // Ber. Landwirt. — 1985. — **63**, N 4. — P. 518—531.
161. *Toshio A., Takeshi M., Katsuyoshi M.* Role of metabolites in inhibition of spinal deformity of chum salmon fry caused by tryptophan // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. — 1986. — **52**, N 7. — P. 1255—1259.
162. *Wheller R., Jodin A.J., Clark W.H.* Hatching eventh in the Cysts of *Artemia salina* // Aquaculture. — 1979. — **18**. — P. 59—67.
163. *Johansson N., Kihlström J.E., Wahlberg A.* Low PH value shown to effect egg (*Brachydanio rerio*) // Ambio. — 1973. — **2**, N 12. — P. 12—15.
164. *Jones A.* Rearing and aquaculture // Rapp. et proc. verb. réün. Cons. perm. int. explor. mer. — 1981. — **178**. — P. 483—484.
165. *Zachary A., Haven D.S.* Survival and activity of the Oyster Drill *Urosalpinx cinerea* under condition of fluctuating salinity // Mar. Biol. — 1973. — **22**. — P. 45—52.
166. *Pat. 3465718 USA, Ncl-119-2 Int. cl.* — Adk, Tank for culture of marine life // Handman S., Rosenberg A. — Publ. 20,04,69.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
МАТЕРИАЛ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	6
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАМКНУТЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МОРСКИХ РЫБ НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ	11
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПРИ РАЗВЕДЕНИИ МОРСКИХ РЫБ В ЗАМКНУТЫХ УСТАНОВКАХ	29
РАЗВЕДЕНИЕ В ЗАМКНУТЫХ УСТАНОВКАХ ЖИВЫХ КОРМОВЫХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ ЛИЧИНОК МОРСКИХ РЫБ	36
Разведение одноклеточных водорослей	36
Разведение коловратки (<i>Brachionus plicatilis</i>)	37
Разведение артемии (<i>Artemia salina</i>)	43
РАЗВЕДЕНИЕ МОРСКИХ РЫБ В ЗАМКНУТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	47
Морфо-физиологическая характеристика икры, эмбрионов и личинок черноморских рыб	47
Разведение бычка-кругляка Черного моря (<i>Neogobius melanostomus Pallas</i>)	57
Разведение камбаль-калкан Черного моря (<i>Psetta maеотica Pallas</i>)	67
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	94

Научное издание

ЧЕПУРНОВ Александр Викторович

**КУЛЬТИВИРОВАНИЕ РЫБ ЧЕРНОГО МОРЯ
В ЗАМКНУТЫХ УСТАНОВКАХ**

Художник обложки С.В. Назаров

Художественный редактор Л.А. Комякова

Технический редактор Т.К. Валицкая

Оператор Т.А. Мотенко

Корректоры О.В. Собкевич, А.Ф. Коровниченко

ИБ № 10168

Сдано в набор 14.02.89. Подп. в печ. 08.06.89. БФ 01076. Формат 60x84/16.
Бум. офс. № 1. Офс. печ. Гарн. Универс. Усл.-печ. л. 6,05. Усл.кр.-отт. 6,28.
Уч.-изд. л. 6,32. Тираж 600 экз. Заказ 9-478. Цена 1 р. 30 к.

Оригинал-макет подготовлен в издательстве "Наукова думка". 252601 Киев 4,
ул. Репина, 3.

Киевская книжная типография научной книги.
252004 Киев 4, ул. Репина, 4.