

УДК 597.587.9.591.639

Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана *Scophthalmus taeoticus*: проблемы и методы

О.Н. Маслова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).
E-mail: ktotam2@post.ru

Анализируется информация о достижениях стран Западной Европы и Турции в области разведения и товарного выращивания тюрбо *Scophthalmus maximus* — близкородственного черноморскому калкану *S. taeoticus* вида. Представлены результаты исследований ВНИРО по разработке технологии разведения черноморского калкана, а также её практической реализации. Показана принципиальная возможность повышения численности естественной популяции калкана путём выпуска в море молоди, полученной в искусственных условиях. Обсуждаются возможные перспективы развития искусственного воспроизводства и товарного выращивания калкана в условиях черноморского побережья России при реализации накопленного научного потенциала с учётом имеющихся прибрежных морских акваторий.

Ключевые слова: тюрбо, калкан, разведение, товарное выращивание, искусственное воспроизводство.

Черноморская камбала-калкан *Scophthalmus taeoticus* и атлантический тюрбо *S. maximus*¹ (Scophthalmidae) — ценные промысловые рыбы, пользующиеся большим спросом у населения благодаря высоким вкусовым качествам мяса. Это обстоятельство, наряду с ограниченными возможностями промысла по насыщению рынка, послужило предпосылкой для

¹ Согласно результатам современных исследований, черноморский калкан *S. taeoticus* (синоним *Psetta maxima taeotica*) не имеет таксономически значимых генетических и морфологических различий с атлантическим тюрбо *S. maximus* (синоним *P. maxima*) [Амаока et al., 2001; Suzuki et al., 2004; Воронина, 2010]. Принимая во внимание, что положение тюрбо в рамках рода *Scophthalmus* достаточно убедительно обосновано [Bailly, Chanet, 2010], в настоящей работе латинские названия тюрбо и калкана приводятся по FishBase [Froese, Pauly, 2011].

признания этих дорогостоящих видов перспективными объектами марикультуры. Программа по созданию метода промышленного культивирования тюрбо стартовала в Шотландии в начале 1970-х гг. [Jones, 1972; Jones et al., 1974]. В это же время в СССР были начаты исследования по изучению калкана с целью разработки технологии получения его жизнестойкой молоди в искусственных условиях [Попова, 1975; Спекторова и др., 1975; Аронович и др., 1977; Битюкова и др., 1978].

В настоящее время атлантический тюрбо является объектом марикультуры практически во всех странах Западной Европы, в прибрежных водах которых он обитает (Испания, Франция, Португалия, Нидерланды, Германия, Норвегия, Великобритания, Исландия, Дания, Ирландия). В 2009 г. объёмы его продукции до-

стигли 9238 т [FAO, 2011], что в 1,6 раза превышает величину вылова тюрбо в море этими странами. По экспертной оценке [Bjørndal, Øiestad, 2011], в случае реализации планов Португалии по расширению масштабов выращивания можно было ожидать увеличение продукции тюрбо до 16500 т уже в 2012 г.

Разработанная для черноморского калкана технология разведения была успешно апробирована в опытно-промышленных масштабах [Маслова, 1995; Маслова, Бурлаченко, 1997; Маслова и др., 1998, 2000; Maslova, 2002; Маслова, Разумеев, 2003], однако не нашла практического применения, и этот вид по-прежнему остаётся в категории «перспективных» объектов марикультуры.

Цель данной работы — ретроспективный анализ состояния марикультуры тюрбо, подведение итогов отечественных исследований и опытно-промышленных работ по разведению калкана и оценка перспектив развития искусственного воспроизводства и товарного выращивания калкана в условиях черноморского побережья России.

МАРИКУЛЬТУРА ТЮРБО. Камбалы были одними из первых морских рыб, в отношении которых в странах Западной Европы предпринимались попытки разведения в искусственных условиях. Поиск способов, противодействующих истощению прибрежных стад, приобрёл актуальность ещё в середине XIX в.: уже в то время наблюдалось сокращение численности разных видов камбал в результате чрезмерной промысловой нагрузки. Считалось, что масштабный выпуск в море личинок морских рыб сможет остановить процесс сокращения эксплуатируемых запасов, именно по этому в 1880—1890-х гг. в Норвегии, Шотландии и Англии были построены первые рыбоводные заводы для инкубации икры камбал и трески [Shelbourne, 1964]. Первые годы XX столетия Шелбурн [1964] называет «золотой эрой развития морского рыбоводства»: промышленные рыбоводные предприятия создавались во многих странах, ежегодный объём выпуска продукции вдоль побережья Европы исчислялся сотнями миллионов личинок на этапе эндогенного питания. Однако в отсутствие фактических данных, доказывающих эффективность этих мероприятий, их финансирование постепенно сокраща-

лось. Тем не менее, искусственное воспроизводство морских рыб как основное промышленное направление марикультуры просуществовало более полувека, хотя к 1950-м годам методы оставались теми же, что и в 1880-х гг. Если получение личинок камбал в массовых количествах не вызывало трудностей, то многочисленные попытки перевода их на питание терпели неудачи.

Первые обнадеживающие результаты, которые опровергли сложившееся к тому времени представление о трудности или даже невозможности массового производства жизнестойкой молоди камбал в искусственных условиях, были получены в ходе экспериментов с морской камбалой *Pleuronectes platessa*, проведённых в Шотландии в 1951—1962 гг. [Shelbourne, 1964]. Были выявлены основные факторы, ограничивающие выживаемость личинок, определены требования эмбрионов, личинок и молоди к условиям выращивания, разработано оборудование для обеспечения благоприятных условий, очерчен круг задач, требующих первоочередного решения. Наряду с основным назначением молоди — пополнение естественных популяций, в качестве перспективного пути развития рассматривалось её использование в качестве посадочного материала для выращивания товарной рыбы в отгороженных участках прибрежных акваторий, а также в прудах и бассейнах.

Успехи при разработке методов культивирования морской камбалы и языка *Solea solea* дали импульс для возрождения интереса к разведению тюрбо и интенсивного развития в 1970—1980-х гг. исследований по созданию промышленных технологий его разведения. Биологические и технологические основы получения и выращивания личинок с использованием живых кормов — коловраток *Brachionus plicatilis* и артемии *Artemia salina* — были заложены в начале 1970-х гг. [Jones, 1972; Jones et al., 1974]. Дальнейшие исследования по освоению тюрбо в Великобритании и Франции велись по пути создания интенсивных технологий «зелёной» и «чистой воды». Первые питомники по производству молоди тюрбо появились в этих странах уже в середине 1970-х гг., когда методы получения жизнестойкой молоди этого вида были далеки от совершенства. Дальнейшая до-

работка технологий разведения проходила в условиях действующих предприятий, что обеспечивало возможность проведения исследований, охватывающих весь технологический процесс получения молоди — от формирования маточного стада до создания искусственных стартовых кормов, а также для решения проблем следующих этапов — воспроизводство и товарное выращивание. Однако в сравнении с другими видами морских рыб, культивируемыми в Европе, тюрбо оказался более трудным объектом. На протяжении длительного времени препятствием для организации коммерчески выгодного производства его молоди оставалась не только высокая доля молоди с незавершённым метаморфозом и с аномалиями пигментации, но главным образом непредсказуемость результатов выращивания [Turbot culture ..., 1994; Shields, 2001]. Существенный прогресс в решении этих проблем был достигнут к концу 1980-х гг. Считалось что нестабильность процесса выращивания личинок является следствием неблагоприятного сочетания комплекса параметров (исходное качество икры и личинок, качество кормовых объектов и микробиологический режим). Исходя из этого предположения были определены критерии оценки качества икры, разработаны методы повышения пищевой ценности кормовых организмов, контроля микробиологической ситуации и другие приёмы, ориентированные на оптимизацию технологического процесса [Person-Le Ruyet, 1989]. Все последующие усовершенствования интенсивной технологии, как и экстенсивных и полунтенсивных методов, были сделаны благодаря детальному изучению пищевых потребностей личинок [Kuhlmann et al., 1981; Witt et al., 1984; Quantz, 1989], влияния условий содержания производителей на качество половых продуктов [McEvoy, 1984; 1989], а также лучшему пониманию динамики бактериального загрязнения выростных систем [Nicolas et al., 1989].

В Норвегии во второй половине 1980-х гг. были организованы предприятия по получению молоди тюрбо на основе экстенсивной технологии с использованием в качестве живого корма естественного зоопланктона [van der Meeren, Naas, 1997]. Данная технология, по сравнению с интенсивными методами, характеризуется

меньшими затратами на выращивание и невысокой долей молоди с нарушениями пигментации, однако вследствие ограниченных возможностей контроля параметров среды и сезонного цикла развития планктонных организмов результаты выращивания также не предсказуемы. Из 15 питомников Норвегии, применявших экстенсивную технологию получения молоди тюрбо, к началу 1990-х гг. продолжал действовать лишь один [Urup, 1994]. В настоящее время этот метод больше не используется, хотя он и продемонстрировал высокое пищевое качество естественного зоопланктона, а также более высокую стабильность больших выростных систем (так называемых «мезокосмов») в сравнении с относительно небольшими бассейнами [Shields, 2001]. Вместе с тем это направление получило развитие в Дании, где был разработан метод массового культивирования копепод и полунтенсивная технология получения молоди тюрбо [Urup, 1994]. Использование копепод обеспечивает производство молоди высокого качества (95 % и более не имеют нарушений пигментации), но существенно повышает затраты на выращивание. Данная технология используется в датском питомнике, основанном в 1991 г.; объём ежегодной продукции — 0,50–0,75 млн экз. [Støttrup et al., 1998].

На основе опыта Шотландии, Франции и Норвегии, в Испании в начале 1990-х гг. разработана комбинированная технология (экстенсивная/полунтенсивная), сочетающая элементы экстенсивного норвежского метода, обеспечивающего стабильность выростных систем, со строгим контролем микробиологического режима и пищевой ценности кормовых организмов, свойственным интенсивным технологиям. Данный метод обеспечивает высокое качество молоди (до 95 % молоди с нормальной пигментацией); выживаемость к концу первого месяца жизни составляет 12 % [Shields, 2001].

В Германии молодь тюрбо получают в небольших количествах (150 тыс. экз./год) в одном питомнике на основе интенсивной технологии «чистой воды» традиционным для этой страны путём — в установках с замкнутым циклом водоснабжения (G. Quantz — личное сообщение, 2001).

К началу 1990-х гг. благодаря усовершенствованию технологий разведения производство

молоди тюрбо стало коммерчески выгодным. Средний показатель выживаемости молоди к моменту перевода на искусственные корма (20–30-е сут после вылупления) в питомниках, применявших интенсивные технологии, достиг 20 % [Shields, 2001]. Следует подчеркнуть, что разработка методов получения молоди непосредственно в производственных условиях способствовала их скорейшему освоению. В результате этого масштабы производства стали стремительно расширяться. В 2001 г. объём продукции трёх крупнейших питомников Франции, Норвегии и Испании превысил 7 млн экз/год [Engelsen et al., 2004].

Прогресс в области разработки методов производства посадочного материала тюрбо обеспечил рост объёмов товарного выращивания (рис. 1). Предположение Шелбурна [1964] о высоком потенциале роста тюрбо было подтверждено ещё в 1970-х гг. на начальном этапе разработки методов его разведения. В это время в Шотландии приступили к отработке метода товарного выращивания на отработанных тёплых водах атомной электростанции [Svåsand et al., 2004]. Результаты этих работ продемонстрировали возможность организации высокоприбыльного производства товарной рыбы: при оптимальной температуре (15–16 °С) темп роста тюрбо оказался в 2 раза выше, чем при естественном температурном режиме. Однако продукция, полученная в районе расположения атомной электростанции, не получила признания у потребителя, поэтому в дальнейшем товарное выращивание тюрбо переместилось в районы с благоприятными естественными усло-

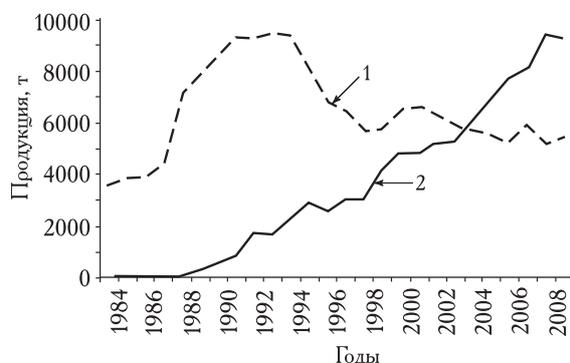


Рис. 1. Атлантического тюрбо *Scophthalmus maximus* в странах Западной Европы в 1984–2009 гг.: 1 — динамика вылова; 2 — выращивание товарной продукции [FAO, 2011]

виями — на атлантическое побережье Франции и Испании.

За период с 1984 г., с которого международная статистика ведёт учёт объёмов выращивания тюрбо по 2009 г. его суммарная продукция в странах Западной Европы возросла с 5 до 9238 т [FAO, 2011]. При этом начиная с 2004 г. продукция аквакультуры этого вида превышает величину его вылова. Динамика расширения масштабов товарного выращивания (см. рис. 1) чётко соответствует описанной выше хронологии совершенствования методов получения жизнестойкой молоди тюрбо: резкое увеличение темпа роста производства наблюдается с начала 1990-х гг. В настоящее время основную часть европейской продукции тюрбо выращивают в Испании: в 2009 г. её доля составила 78 %; второе и третье места занимают Португалия и Франция — 14 и 6 % соответственно. В ближайшие годы Португалия планирует укрепить свои позиции за счёт ввода в эксплуатацию новой фермы; выход на проектную мощность (7000 тыс. т) ожидался в 2012 г. По предварительным данным [Bjørndal, Øiestad, 2011], в 2010 г. на этой ферме уже было выращено около 1500 т тюрбо.

Разработка надёжных методов получения жизнестойкой молоди тюрбо и массовое производство посадочного материала создали предпосылки для организации работ по искусственному воспроизводству. В современных условиях в качестве ключевых проблем, требующих решения для обеспечения максимальной эффективности этих мероприятий, рассматриваются: определение оптимальных размеров молоди, рациональных объёмов выпуска, выявление благоприятных для обитания районов [Blaxter, 2000]. В европейских странах искусственное воспроизводство камбал не получило такого масштабного развития, как, например, в Японии. В литературе имеется информация лишь об оценке результатов программы по воспроизводству тюрбо в Дании [Svåsand, Moksness, 2004]. За период 1991–1998 гг. у побережья Дании выпускали меченую молодь тюрбо двух размерных групп: 4–6 и 11–16 см. По данным наблюдений, в течение первого года она оставалась на участке в пределах нескольких километров от места выпуска и характеризовалась высоким темпом роста. Причём дан-

ный показатель у молоди первой размерной группы был несколько выше, чем у диких рыб. Смертность выпущенных рыб была сравнима с таковой в естественной популяции: спустя 4 года после начала выпуска показатель промыслового возврата составил всего 2,8 % [Støttrup et al., 1998, цит. по: Howell, Yamashita, 2005].

Тюрбо относится к дорогостоящим видам; при существующем темпе расширения масштабов выращивания его цена остаётся относительно стабильной — около 9 €/кг. Поэтому несмотря на сравнительно высокие затраты на производство товарного тюрбо (4,58 и 3,98 €/кг — в рециркуляционных и проточных системах соответственно) его выращивание является высоко рентабельным [Bostock et al., 2008; Bjørndal, Øiestad, 2011]. Учитывая это обстоятельство, а также высокую стоимость посадочного материала тюрбо — 1,25–1,30 €/экз. [Engelsen et al., 2004; Bjørndal, Øiestad, 2011], с большой долей вероятности можно предположить, что в ближайшей перспективе основной формой получения товарной продукции этого вида останется интенсивное выращивание в контролируемых условиях.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ ЧЕРНОМОРСКОГО КАЛКАНА. Итоги исследований и опытно-промышленных работ ВНИРО. В результате выполненных в 1970-х гг. экспериментов по разведению черноморской камбалы-калкана были изучены закономерности эмбрионального и личиночного развития, особенности питания, определены требования эмбрионов и личинок к основным факторам среды [Спекторова и др., 1975; Ароневич и др., 1977; Борисенко, 1980]. Ограниченные технические возможности управления параметрами негативно сказывались на результативности исследований, тем не менее, полученные данные позволили подготовить исходные требования для проектирования первого в стране питомника для разведения морских рыб на Чёрном море, на котором предполагалось более эффективно проводить исследования с этим и другими перспективными объектами. К сожалению, работы по созданию питомника были прекращены на этапе проектирования, а к вопросу возобновления изысканий по разработке метода получения жизнестойкой молоди калкана вернулись спустя более чем 10 лет.

Программа «Марикультура» как направление государственной научно-технической программы «Перспективные процессы в перерабатывающих отраслях АПК» (начало реализации 1990 г.) формировалась на конкурсной основе. Главными условиями выбора проекта были короткие сроки проведения НИОКР и создание высокоэффективной технологии [Спичак, 1995]. Аргументом для включения проекта «Камбала-калкан» в данную программу послужил предложенный алгоритм решения проблемы. Исходя из того, что технология — это не только нормативы, но и биотехнические приёмы, которые, как и технические средства, обеспечивающие создание требуемых условий, в экспериментальных условиях принципиально отличаются от применяемых в производственных условиях, параллельно с проведением исследований приступили к созданию прототипа промышленного предприятия. Опытно-промышленный модуль был введён в эксплуатацию в 1994 г. и обеспечил завершение разработки высокоэффективной технологии разведения калкана. Первостепенное назначение разработки — организация регулярного выпуска молоди в море с целью повышения численности естественных популяций калкана и в конечном итоге увеличения объёма его вылова.

При проведении исследований опирались на мировой опыт в области разведения тюрбо с учётом экологических особенностей калкана. За основу была принята технология «зелёной воды» и схема производства молоди, сходная с применяемой при разведении тюрбо [Jones et al., 1974; Kuhlmann et al., 1981; Person-Le Ruyet, 1989]. Личинок выращивали в присутствии одноклеточных водорослей, первый корм — коловратки, затем науплии и метанауплии артемии; перевод на искусственный корм — к концу первого месяца жизни.

Для калкана был установлен сходный с тюрбо характер динамики смертности личинок в течение первого месяца выращивания. При выращивании личинок калкана отметили 3 критических периода, характеризующихся их повышенной смертностью. Первый пик смертности (3–4-е сут. после вылупления) наблюдается непосредственно перед переходом личинок на внешнее питание. В этот период погибают личинки, которые имеют различные дефекты в

развитии, т.е. основным фактором является качество икры и личинок. Повышенная смертность личинок калкана наблюдается также на 7–9-е сут (II пик смертности) и на 13–16-е сут после вылупления (III пик). Подавляющее большинство погибающих в эти периоды личинок хотя и не имеют видимых дефектов в развитии, но не питаются. Причинами смертности тюрбо в течение данных периодов принято считать неудовлетворительное качество живых кормов и бактериальное загрязнение выростных бассейнов [Witt et al., 1984; Nicolas et al., 1989; Person-Le Ruyet, 1989; Person-Le Ruyet et al., 1991].

Таким образом, вариабельность выживаемости личинок калкана определяется, с одной стороны, собственно качеством икры и личинок, а с другой — находится в зависимости от внешних факторов: адекватности кормов пищевым потребностям личинок и санитарного состояния выростных ёмкостей.

В связи с этим наши исследования были направлены на повышение выживаемости личинок, а также на стабилизацию результативности выращивания путём минимизации негативного влияния всех перечисленных факторов. Процесс разработки технологии разведения калкана можно разделить на два этапа, отличающиеся как направленностью исследований, так и их результативностью.

Так, на первом этапе разработки технологии разведения калкана (1990–1994 гг.) основное внимание было сосредоточено на изучении внешних факторов, т.е. на решении двух проблем: повышение пищевой ценности живых кормов и сохранение благоприятной микробиологической ситуации в выростных ёмкостях с целью повышения выживаемости личинок. Эти две проблемы тесно взаимосвязаны, т.к. именно живые корма являются мощным источником бактериального загрязнения выростных бассейнов. Поэтому получение урожая кормов с минимальным содержанием микрофлоры в сочетании с рациональным режимом внесения кормов является наиболее эффективным способом снижения бактериальной нагрузки на выростные системы.

Степень бактериального загрязнения живых кормов зависит от длительности культивирования и обогатителя, используемого для повыше-

ния их питательной ценности [Nicolas et al., 1989; Minkoff, Broadhurst, 1994]. С этой точки зрения наиболее «чистый» урожай кормов можно получить при накопительном режиме их культивирования и кормлении микроводорослями, качественный состав липидов которых в наибольшей степени соответствует пищевым потребностям личинок морских рыб. В первую очередь это *Monochrysis*, *Isochrysis*, *Pseudoisochrysis* и ряд других видов.

На основании сравнения интенсивности питания личинок калкана и их выживаемости при разной степени развития микрофлоры было определено предельно допустимое содержание микробных клеток в воде. Общее микробное число (ОМЧ) не должно превышать 1000–1500 микробных кл/мл. Предельно допустимые значения ОМЧ урожая живых кормов рассчитаны исходя из соотношения объёма каждого типа корма к объёму выростного бассейна и составляют для водорослей, коловраток и науплиев артемии — не более 50, 100 и 500 микробных кл/мл соответственно. С целью получения урожая кормов, соответствующего этим требованиям, отработан накопительный режим культивирования микроводорослей и коловраток с поэтапным увеличением объёма; длительность каждого последовательного этапа — не более 5–7 сут для снижения риска бактериального заражения.

Повышение питательной ценности коловраток происходит непосредственно в выростных бассейнах благодаря ежедневному внесению нескольких видов микроводорослей (*Monochrysis*, *Isochrysis*, *Pseudoisochrysis*) при поддержании их концентрации на уровне $(0,3–0,5) \times 10^6$ кл/мл. Это обеспечивает благоприятные кормовые условия для интенсивного размножения коловраток, что снижает объёмы их внесения, что немаловажно, поскольку чем меньше объёмы среды с вносимыми кормовыми организмами, тем ниже степень риска загрязнения выростных ёмкостей.

При производстве артемии их яйца, а затем науплиев подвергали жёсткой дезинфекции, что надёжно обеспечивало снижение бактериальной обсеменённости науплиев до требуемого уровня. Для обогащения метаниуплиев артемии использовали как искусственные питательные смеси, так и микроводоросли. Для снижения

бактериального пресса на выростные системы эти два типа метанауплиев вносили в бассейны поочередно.

Выращивание и кормление личинок проводили по следующей схеме. Предварительную подготовку бассейнов (наращивание в них микроводорослей, а затем коловраток) начинают за 5–6 сут до посадки личинок. К моменту перехода личинок на экзогенное питание (3–4 сут после вылупления) плотность коловраток должна составлять 10 шт/мл. После перехода личинок на активное питание в бассейны ежедневно вносят смесь из нескольких видов водорослей. Дополнительно вносить коловраток в бассейны начинают при снижении их концентрации до 3 шт/мл.

Науплии артемии начинают вносить в бассейн наряду с коловратками при достижении личинками возраста 12–13 сут, т.е. значительно позднее приобретения личинками способности к их усвоению. Метанауплиев артемии, обогащённых питательной смесью, включают в рацион личинок на 14–15-е сут. Задержка перевода личинок калкана на питание науплиями артемии позволяет значительно сократить период питания кормом с неблагоприятным химическим составом. Благодаря этому удаётся повысить выживаемость личинок, хотя одновременно сдерживается темп их роста.

Личинок калкана начинают переводить на искусственный корм в 25–28-суточном возрасте.

Выживаемость личинок калкана при выращивании по этой схеме достигала 40 % и более к концу первого месяца выращивания, при этом доля личинок с нарушениями пигментации не превышала 5–7 % от числа выживших личинок. Однако не редки были случаи чрезвычайно высокой смертности личинок, вплоть до гибели всех личинок, к 16–20-суточному возрасту. При этом уровень бактериального загрязнения не всегда превышал предельно допустимое значение (1500 м. кл/мл). Кроме того, накопительный метод культивирования живых кормов гарантировал получение кормов стабильного качества как по химическому составу, так и по показателю ОМЧ. Поэтому не все случаи неудачного выращивания личинок калкана могут быть объяснены исключительно бактериальным прессом и неадекватностью кормов пищевым потребностям личинок.

Одним из вероятных объяснений нестабильности результатов выращивания может служить вариабельность выживаемости личинок к моменту перехода на активное питание, которая в конечном итоге определяет фактическую плотность посадки личинок на выращивание. При значительном отклонении уровня смертности личинок на завершающих этапах эндогенного питания в ту или иную сторону от среднего показателя нарушается равновесие между концентрацией коловраток и их потребителями. Следствием этого является снижение уровня стабильности выростной системы.

Вместе с тем достоверно установлено, что показатель смертности личинок калкана на завершающем этапе эндогенного питания чётко коррелирует с долей личинок с нарушениями в развитии в общем количестве посаженных на выращивание. Качество икры и личинок оценивали по показателю оплодотворения и вылупления. Пригодными для выращивания признавали личинок, полученных от партий икры с высоким уровнем оплодотворения и вылупления (не менее 75 %). Уровень аномальных эмбрионов и личинок также принимали во внимание, но с учётом характера нарушений развития и вероятных причин их происхождения. Анализ причин и динамики смертности личинок калкана показал, что их гибель на первых этапах выращивания в большой степени предопределяется условиями получения и инкубации икры.

В связи с этим на втором этапе разработки технологии выращивания калкана (1995–1997 гг.) основное внимание было уделено поиску методов стандартизации качества икры и личинок.

Получение половых продуктов. Половые продукты получали как от диких производителей, отлавливаемых в море в течение нерестового сезона, так и от производителей собственного маточного стада. В бассейнах спонтанный нерест диких производителей наблюдался крайне редко, в то время как производители маточного стада при совместном содержании нерестятся регулярно. Поэтому перед началом нерестовой кампании самок и самцов рассаживают в разные бассейны, чтобы исключить возможность естественного нереста. Каждая самка маточного стада нерестится до 10 раз

в течение нерестового периода с интервалом от 3 до 7 сут. Периодичность созревания последовательных порций икры не установлена, а ежедневный контроль созревания самок не гарантирует своевременное сцеживание икры. Длительное нахождение икры после овуляции в полости тела отрицательно сказывается на её качестве [McEvoy, 1984, 1989; Kjorsvik et al., 1990]: увеличивается доля икры с отрицательной плавучестью и снижается её способность к оплодотворению. При сцеживании икры через 24 ч после её овуляции вся икра погибает, показатель оплодотворения равен нулю (рис. 2). В течение первых 6 ч после овуляции процент оплодотворения снижается незначительно, но доля личинок с нарушениями в развитии резко возрастает после достижения предельно допустимого интервала от овуляции до сцеживания. Продолжительность этого интервала имеет индивидуальную вариабельность для каждой самки, поэтому показатель оплодотворения не может служить надёжным критерием качества икры.

Для отбраковки «перезревшей» икры разработан экспресс-метод, основанный на изменении проницаемости оболочек икры в зависимости от времени, прошедшего после овуляции. Овулировавшую икру помещают в раствор красителя; качество икры оценивают по скорости окрашивания и его интенсивности. Этот простой тест позволяет в течение нескольких минут определить потенциальную способность к оплодотворению и долю жизнеспособных икринок и на основании этих показателей выбрать наиболее перспективную партию икры.

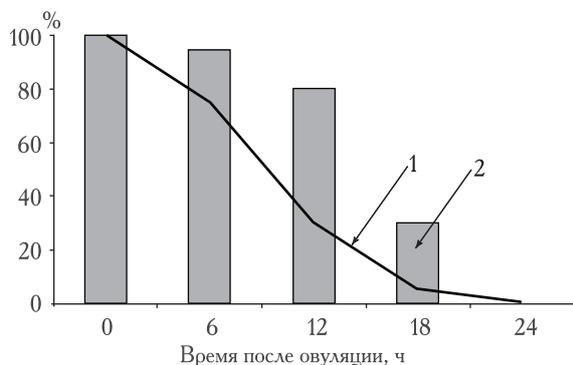


Рис. 2. Зависимость качества икры черноморского калкана *Scophthalmus maoticus* от времени её сцеживания: 1 — икра с положительной плавучестью; 2 — оплодотворённая икра

Оплодотворение икры. При оплодотворении икры калкана, так же, как и тюрбо, ранее использовали полусухой способ [Person-Le-Ruyet et al., 1991; Fauvel et al., 1992]: к сцеженной в сухую посуду икре приливали слегка разбавленную морской водой сперму, перемешивали и затем постепенно приливали морскую воду. Применение данного способа обычно обеспечивало высокий уровень оплодотворения икры (до 90–95 %). Однако до оплодотворения икра калкана имеет слабые оболочки, которые легко травмируются при перемешивании, особенно в случаях, когда с икрой сцеживается недостаточное количество овариальной жидкости. В последнем случае доля оплодотворённой икры с различными дефектами бывает выше. Это обстоятельство позволило предположить, что при использовании мокрого способа оплодотворения икра, сцеженная не в сухую посуду, а в морскую воду, будет находиться во взвешенном состоянии, что снизит вероятность её травмирования. Результаты сравнительных экспериментов по оплодотворению 6 партий икры калкана разными способами представлены в таблице.

Таблица. Результаты оплодотворения икры калкана разными способами, %

Способ оплодотворения	Показатель оплодотворения		Показатель вылупления личинок		
	общий	с дефектами	общий	с дефектами	нормальный
Полусухой	72–90	10–50	70–90	20–50	40–50
Мокрый	75–91	5–10	90–99	5–10	85–89

При сравнении результатов оплодотворения икры калкана полусухим и мокрым способом не получено существенных различий по таким показателям, как процент оплодотворения и процент вылупления личинок. Вместе с тем при применении мокрого способа оплодотворения икры показатель вылупления нормальных личинок значительно выше, чем при применении полусухого, за счёт существенного сокращения доли нежизнеспособных личинок с видимыми дефектами в развитии.

Инкубация икры. Основным условием успешной инкубации икры калкана является

строгий контроль параметров среды в пределах их оптимальных значений. Инкубация икры при постепенном подъёме температуры от 13 до 15 °С, стабильной солёности (17–18 ‰) и постоянной смене воды, обеспечивающей плавное перемешивание икры, позволяет получить высокий выход личинок (до 90–95 %). Но при данных условиях выживают также и эмбрионы, имеющие врождённые дефекты, поэтому доля вылупившихся личинок с различными нарушениями в развитии в разных партиях икры варьирует в широких пределах, составляя в среднем 25–30 %. В дальнейшем этот показатель в большой степени определяет смертность личинок на начальных этапах развития. Поэтому элиминация нежизнеспособных личинок на этапе инкубации является наиболее эффективным способом снижения смертности личинок. С этой целью была создана новая конструкция инкубационного аппарата.

В этом аппарате одновременное с интенсивным водообменом (0,5–1,0 об/ч) перемешивание икры воздухом (10–30 мл/мин) создаёт достаточно жесткие условия, приводящие к гибели нежизнеспособных эмбрионов. По показателю выхода личинок результаты инкубации икры в аппаратах данной конструкции уступают результативности инкубации икры калкана в других устройствах. При инкубации в аппаратах новой конструкции в условиях интенсивного перемешивания слабые и имеющие различные нарушения в развитии эмбрионы погибают на первых этапах. Таким образом, уже на этапе инкубации происходит естественный отбор наиболее жизнеспособных эмбрионов (рис. 3).

Таким образом, применение всех перечисленных приёмов получения икры калкана, её оплодотворения и инкубации позволило стабильно получать личинок хорошего качества. Это привело к повышению выживаемости личинок калкана на начальных этапах выращивания и в конечном итоге к большей стабильности всего процесса получения молоди в целом. Выживаемость личинок к концу первого месяца жизни повысилась в 2 раза (рис. 4) и практически соответствует максимально возможной (теоретической) величине этого показателя, приведённой в работе Person-Le Ruyet [1989].

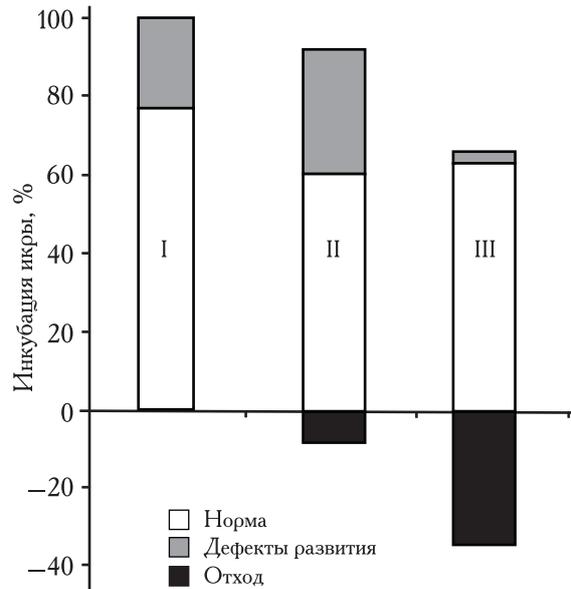


Рис. 3. Результаты инкубации икры черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus*: I — оплодотворённая икра; вылупившиеся личинки в аппаратах: II — новой конструкции, III — старой конструкции

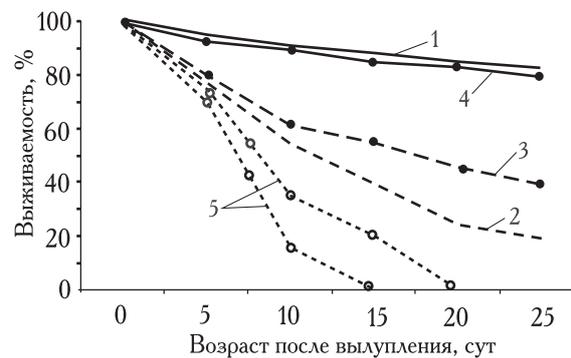


Рис. 4. Выживаемость личинок тюрбо *Scophthalmus maximus* и калкана *S. maeoticus* к 25-суточному возрасту: 1 — максимально возможная (теоретическая) выживаемость тюрбо [по: Person-Le Ruyet, 1989]; 2 — типичная кривая выживаемости личинок тюрбо и калкана в 1990–1991 гг.; 3 — выживаемость личинок калкана в 1992–1994 гг.; 4 — выживаемость личинок калкана в 1995–1997 гг.; 5 — типичные кривые неудачного выращивания личинок калкана в 1990–1994 гг.

Динамика выживаемости калкана на разных этапах развития (при использовании разного вида корма) до 2-месячного возраста представлена на рис. 5. Повышенная смертность калкана в течение второго месяца выращивания обусловлена использованием неспециализированных кормов (стартовый корм для сиговых рыб

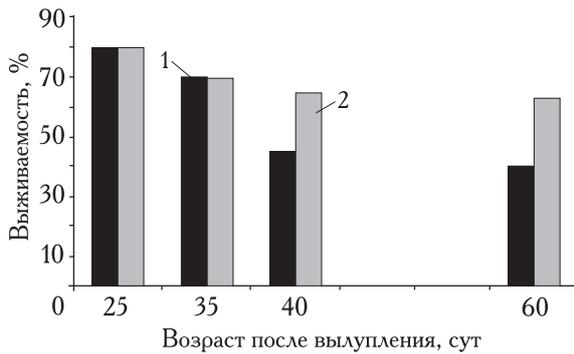


Рис. 5. Выживаемость калкана *Scophthalmus taoticus* от вылупления до 2-месячного возраста при кормлении в течение второго месяца: 1 — стартовыми кормами для сигов; 2 — артемией в сочетании с мясом рыб

и метанауплии артемии в сочетании с мясом рыбы)¹. Тем не менее, можно констатировать, что разработанная технология по своей результативности существенно превосходит известные зарубежные методы разведения тюрбо.

В период с 1992 по 1997 г. в Чёрное море было выпущено более 165 тыс. экз. молоди калкана, полученной в искусственных условиях, в т.ч. в 1995–1997 гг. объём выпуска составлял по 50 тыс. экз. ежегодно. Одновременно с началом проведения этих работ было зарегистрировано существенное увеличение численности молоди калкана именно в районе Анапской банки (район выпуска), а поколения 1993–1996 гг. оценивались АзНИИРХ как высокоурожайные. Эти совпадения являются косвенным подтверждением предположения о возможности восстановления численности популяции калкана путём выпуска его молоди в море.

По оценке АзНИИРХ, численность поколений 3–4-летних рыб варьирует в пределах 50–160 тыс. экз., что при пересчёте с использованием коэффициентов годовой смертности составляет 57–181 тыс. экз. сеголеток. Согласно расчётам [Маслова, Дергалёва, 2001], ежегодный выпуск 150 тыс. экз. молоди калкана через 10–12 лет после начала работ обеспечит как минимум 5-кратное увеличение численности промысловой части популяции. С этого момента объём годового вылова калкана может

быть увеличен до 0,8–1,0 тыс. т, что соответствует уровню добычи в северо-восточной части Чёрного моря в 1950-х гг. Дальнейшее продолжение работ по искусственному воспроизводству калкана позволит стабильно поддерживать численность популяции на уровне, обеспечивающем интенсивный промысел с изъятием 25 % промыслового запаса без риска нанесения ущерба популяции.

Для реализации этих мероприятий научные основы уже подготовлены: высокая эффективность технологии получения жизнестойкой молоди подтверждена в опытно-промышленных условиях, созданы конструкции специализированного оборудования, на основе эксплуатации модуля разработан технологический регламент производства молоди и технический проект питомника. Помимо этого, на основе анализа отечественного и зарубежного опыта сформулированы основные принципы современной стратегии искусственного воспроизводства [Маслова и др., 2004]. Единственным препятствием для реализации имеющегося природного и накопленного научного потенциала является отсутствие специализированного предприятия для реализации готовой технологии². В последние годы этот же фактор препятствует и развитию прикладных исследований по разработке новых методов разведения морских гидробионтов. В России марикультуру рассматривают как фермерское направление, обеспечивающее занятость населения и удовлетворение спроса на внутреннем рынке. Это подразумевает, что в условиях рыночных отношений нет необходимости в специальных мерах со стороны государства по поддержке развития этого сектора, поскольку объёмы производства будут увеличиваться пропорционально росту спроса. Такое понимание, вероятно, было бы оправданным по отношению к традиционным отраслям, сложившимся в предшествующий период плановой экономики, в то время как марикультура в

¹ Исследования по разработке специализированных стартовых кормов для калкана завершить, к сожалению, не удалось в связи с прекращением финансирования работ.

² Опытно-промышленный модуль, созданный в рамках выполнения НИР, находился на арендуемой территории. Все попытки исследователей — разработчиков технологии разведения придать модулю статус государственного питомника с функциями учебно-производственного центра оказались тщетны. Вскоре после прекращения финансирования арендодатель уничтожил модуль и ремонтно-маточное стадо калкана.

нашей стране в число таковых не входит. Этап становления марикультуры невозможен без участия государства, роль которого, наряду с финансированием исследований и осуществлением благоприятной законодательной, инвестиционной, налоговой политики, заключается в создании исходной материально-технической базы для производства молоди морских объектов. Именно наличие посадочного материала на начальном этапе является ключевым моментом в схеме «запуска» марикультуры. В противном случае результаты исследований после получения опытных партий останутся невостребованными, как это произошло в отношении большинства готовых разработок.

Развитие марикультуры калкана в Турции. В качестве наглядного примера, иллюстрирующего успешное освоение калкана как объекта разведения и товарного выращивания, можно привести опыт Турции. Калкан в этой стране входит в число наиболее дорогостоящих и вместе с тем наиболее востребованных на рынке видов рыб. Разработка технологии получения посадочного материала калкана проходила в рамках японо-турецкого проекта, участниками которого являлись Центральный рыбохозяйственный НИИ Турции (CFRI) и Международное агентство Японии (JICA). Следует особо подчеркнуть, что началу исследований предшествовал этап создания в г. Трабзон опытного питомника для разведения калкана мощностью 10 тыс. экз. молоди калкана в год. На конференции, посвящённой подведению промежуточных итогов исследований (1997–2001 гг.), руководитель проекта доктор Широ Хара [Hara, 2002] отметил, что этому питомнику, наряду с обеспечением возможности проведения изысканий по разработке технологии получения молоди, апробации этих методов и производством посадочного материала, отводится роль учебного центра, который должен способствовать продвижению передовых технологий в промышленные предприятия.

В ходе реализации проекта (1997–2007 гг.) сформировано ремонтно-маточное стадо калкана, разработана технология получения его молоди, опытный питомник выведен на проектную мощность; подготовлен производственный персонал, в т.ч. и для других питомников, занимающихся получением посадочного мате-

риала морских рыб и планирующих освоение производства молоди калкана [Özdemir, 2007]. Помимо этого, отработаны методы выращивания до товарной массы в бассейнах с проточной системой водоснабжения, рейсвеях и морских садках; в качестве перспективного направления рассматривается использование рециркуляционных систем [Özdemir, 2007]. Поскольку товарную продукцию других видов морских рыб в Турции получают преимущественно путём садкового выращивания, этому направлению уделяется особое внимание [Aksungur et al., 2007]. Опытные партии посадочного материала охотно покупают для товарного выращивания на коммерческих предприятиях. Ожидается, что в ближайшие годы Турция пополнит число стран-производителей тюрбо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Черноморская камбала-калкан — один из наиболее ценных промысловых объектов, запасы которого в экономической зоне России в настоящее время крайне низки — около 1 тыс. т, что соответствует объёму его вылова в этом районе в 1950–1960-х гг. Приёмная ёмкость шельфа Чёрного моря вдоль побережья Краснодарского края допускает как минимум 5-кратное увеличение запаса калкана [Маслова, Дергалёва, 2001]. Искусственное воспроизводство может стать действенной мерой повышения численности его популяции. Ярким примером высокой результативности этого направления марикультуры может служить опыт Японии в отношении ложного палтуса *Paralichthys olivaceus* [Yamachita, Yamada, 1999]. На начальном этапе работ, как и в случае с выпуском молоди тюрбо у побережья Дании [Svåsand, Moksness, 2004], величина промыслового возврата была не велика — всего 1–3 %. Однако в результате оптимизации стратегии воспроизводства и пастбищного выращивания этот показатель возрос до 30 %. Выпуск молоди, сочетающийся со строгим регламентированием промысла (объём вылова, минимальный размер вылавливаемых рыб), уже на 6-й год после начала работ обеспечил увеличение уловов в 5 раз по сравнению с предшествующим периодом [Imamura, 1999].

Калкан, как и ложный палтус, не совершает протяжённых миграций, поэтому при рациональной организации его искусственного воспроизводства также можно ожидать, что пока-

затель промыслового возврата будет высоким. Понятие «рациональная организация» подразумевает комплексный подход, объединяющий выполнение работ по следующим трём направлениям в рамках единой программы: 1 — массовое производство жизнеспособной молодежи с применением научно обоснованных технологий, обеспечивающих сохранение генетического разнообразия пополняемых популяций; 2 — разработка стратегии выпуска молодежи, обеспечивающей её высокую выживаемость; 3 — постоянная оценка эффективности искусственного воспроизводства и его воздействия на экосистему (получаемые данные служат ориентиром для корректировки работ по двум первым направлениям).

Разработанная технология разведения калкана позволила бы приступить к массовому производству молодежи. Однако начатые в ходе выполнения исследований работы по искусственному воспроизводству этого объекта не получили дальнейшего развития. Хотя модуль «Калкан» и являлся прототипом питомника, его эксплуатация осуществлялась исключительно исследователями-разработчиками, т.е. по сути он представлял собой экспериментальную базу с функцией организации производства в опытно-промышленных масштабах. А в отсутствие промышленного питомника не было возможности для внедрения технологии и обучения производственного персонала. В итоге основную идею МКЦП «Марикультура» — «создание опытно-промышленных типовых модулей-комплексов, использующих высокоэффективные технологии культивирования и переработки с их последующим тиражированием» [Спичак, 1995: с. 11] — воплотить в жизнь не удалось. Если научно-исследовательская составляющая этой и всех прочих программ выполнялась полностью, то к созданию производственных мощностей так и не приступали. Более того, декларируемые в этих программах контрольные цифры объёмов производства объектов культивирования, на которые должна выйти эта ветвь рыбного хозяйства в результате их выполнения, не были подкреплены финансированием капитального строительства предприятий. Иными словами, взяв на себя функцию создания научных основ развития марикультуры, государство устранилось от формирования производствен-

ной базы для внедрения инноваций. Такую схему планирования развития марикультуры (минуя этап становления) можно объяснить неадекватным пониманием сути проблемы, а именно ориентацией исключительно на малый и средний бизнес. Такой подход оправдан по отношению к способам получения товарной продукции, которые не требуют значительного начального капитала и позволяют постепенно расширять производство. Малому и среднему бизнесу под силу организация ферм для культивирования беспозвоночных (на основе сбора молодежи от естественного нереста), а при наличии источника посадочного материала и товарного выращивания морских рыб. Но создание питомников для получения молодежи посадочного материала, связано с существенными капитальными затратами на развитие производственной базы¹, поэтому невозможно обойтись без мощной государственной поддержки.

Исходя из этого необходимо создать реальные предпосылки для становления и развития промышленной марикультуры. При этом первоочередной задачей, решение которой даст импульс для развития как экстенсивной (пастбищной), так и интенсивной формы марикультуры, является создание питомников для разведения морских рыб. Роль государства в решении этой проблемы не может ограничиваться одним только признанием марикультуры приоритетным направлением деятельности, а должна выражаться в создании реальных условий (инвестиционных и законодательных) для её становления и эффективного развития.

Целесообразность использования зарубежной модели проведения прикладных исследований по разработке методов культивирования морских рыб в условиях действующего предприятия подтверждена результатами изысканий ВНИРО в условиях опытно-промышленного модуля «Калкан». Эксплуатация модуля показала преимущества проведения исследований в опытно-промышленных условиях. Возможность использования большого объёма био-

¹ В ценах 2000 г. общая стоимость технологического оборудования для оснащения питомника мощностью 300 тыс. молодежи калкана (при круглогодичном производстве на основе эксплуатации 6 групп маточного стада) составляет около \$ 3 млн.

логического материала, а также исключение переходного этапа исследований — адаптация биотехнических приёмов, разработанных в экспериментальных условиях, к обстановке индустриального производства — обеспечивают быстрое достижение результата и в итоге существенное повышение эффективности исследований. Помимо этого, совместное проведение биологических и инженерно-конструкторских изысканий позволяет оперативно создавать и испытывать новые конструкции устройств, отвечающих требованиям разрабатываемой технологии, вносить корректировки в технологический регламент, а также подготовить полный комплект документации для проектирования современного предприятия. Учитывая, что современная марикультура как наукоёмкая инновационная сфера деятельности нуждается в высококвалифицированных кадрах, ключевым преимуществом зарубежной модели является постоянное обучение производственного персонала и передача технологии в промышленное производство в максимально сжатые сроки.

Таким образом, в качестве наиболее эффективного пути комплексного решения научных задач марикультуры и их внедрения можно рассматривать создание опытно-промышленных комплексов или научно-производственных холдингов, которые одновременно с производством ценной продукции будут служить полигоном для проведения исследований. Помимо перечисленных выше преимуществ проведения прикладных изысканий, исследователи получают возможность более продуктивно проводить изыскания, не отвлекаясь на выполнение несвойственных их квалификации функции (создание модуля, рутинные операции по производству продукции, поиск инвесторов и пр.), как практикуется в настоящее время, и оперативно передавать ноу-хау производственному персоналу, который обеспечит получение продукции. А квалифицированный менеджмент, опираясь на совокупность знаний, принципов, средств и форм управления производством в условиях рыночной экономики [Большой энциклопедический словарь, 2010], обеспечит высокую рентабельность научной и производственной деятельности такого объединения, в т.ч. за счёт дальнейшего продвижения научной

продукции. Благодаря рациональному распределению обязанностей между участниками научно-производственного комплекса будет достигнута максимальная степень согласованности всех этапов: НИОКР опытная апробация внедрение инноваций в производство, и как следствие, будут созданы реальные основы для развития марикультуры.

В заключение можно лишь констатировать, что вопрос о перспективах организации искусственного воспроизводства и товарного выращивания калкана, как и развития отечественной марикультуры рыб в целом, по-прежнему остаётся открытым. Его решение всецело зависит от того, насколько быстро руководство отрасли и правительство страны осознают свою роль в развитии этого важного направления.

ЛИТЕРАТУРА

- Аронович Т.М., Воробьёва Н.К., Борисенко В.С. 1977. Метаморфоз личинок камбалы-калкана в лабораторных условиях // Рыб. хоз-во. № 7. — С. 20–23.
- Большой энциклопедический словарь. 2010. <http://dic.academic.ru/contents.nsf/enc3p/>
- Борисенко В.С. 1980. Морфо-экологические особенности личинок камбалы-калкана (*Scophthalmus maeoticus* P.) и кефали-лобана (*Mugil cephalus* L.) в связи с искусственным воспроизводством // Автореф. дис. канд. биол. наук. — М.: ВНИРО. — 28 с.
- Битюкова Ю.Е., Ткаченко Н.К., Чепурнов А.В. 1978. К вопросу о морфофизиологических показателях эффективности перевода личинок камбалы-калкана Чёрного моря на внешнее питание при искусственном разведении // Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по биологии шельфа. Ч. 1. — Киев: Наукова думка. — С. 22–23.
- Воронина Е.П. 2010. К морфологии и систематике представителей семейства Scophthalmidae // Вопр. ихтиологии. Т. 50. № 6. — С. 725–733.
- Маслова О.Н. 1995. Получение посадочного материала камбалы-калкана в опытно-промышленных условиях // Тез. докл. Междунар. симп. по марикультуре. Краснодар, Небуг, 24–27 сентября 1995. — М.: ВНИРО. — С. 63–64.
- Маслова О.Н., Бурлаченко И.В. Способ искусственного разведения черноморской камбалы-калкана. Патент № 2073432 RU C1 6A01K61/00. № 93003040/13, заявл. 18.01.93, опубл. 20.02.97. Бюл. № 1. — 14 с.
- Маслова О.Н., Дергалёва Ж.Т. 2001. К проблеме восстановления биоресурсов Чёрного моря // Матер. междунар. научн. конф. «Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна». Ростов на Дону, 8–12 октября 2001 г. — С. 136–137.

- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В. 2003. Разведение морских рыб: проблемы и методы // Матер. междунар. симп. «Холодноводная аквакультура: старт в XXI век». Россия, Санкт-Петербург, 08–13 сентября 2003 г.— М.: Росинформагротех.— С. 53.
- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В., Дергалёва Ж.Т. 1998. Морское рыбководство: возможности и реальность // Рыбн. хоз-во. № 3.— С. 54–57.
- Маслова О.Н., Разумеев Ю.В., Бурлаченко И.В. 2000. Инструкция по опытно-промышленному разведению и выращиванию посадочного материала камбалы-калкана.— М.: Изд-во ВНИРО.— 43 с.
- Маслова О.Н., Микодина Е.В., Зайцева Ю.Б. 2004. Роль искусственного воспроизводства ценных видов промысловых гидробионтов в формировании сырьевой базы рыболовства: отечественный и зарубежный опыт // Обз. инф. сер. «Прибрежное рыболовство и аквакультура».— М.: ВНИЭРХ. Вып. 2.— 64 с.
- Попова В.П. 1975. Исследования биологии камбалы-калкана в связи с вопросами её искусственного воспроизводства // Биологические основы морской аквакультуры. Вып. 1.— Киев: Наукова думка.— С. 5–12.
- Спекторова Л.В., Дорошев С.И., Маслова О.Н. 1975. Закономерности питания и роста личинок и молоди черноморского калкана в условиях бассейнового выращивания.— М.: ВНИРО.— 20 с.
- Спичак М.К. 1995. Направление «Марикультура» государственной научно-технической программы «Перспективные процессы в перерабатывающих отраслях АПК» // Тез. докл. Междунар. симп. по марикультуре. Краснодар, Небуг, 24–27 сентября 1995 г.— М.: ВНИРО.— С. 10–11.
- Aksungur N., Aksungur M., Akbulut B., Kutlu I. 2007. Effects of stocking density on growth performance, survival and food conversion of turbot (*Psetta maxima*) in net cages on the southeastern coast of the Black Sea // Fish. and Aquat. Sci. V. 2.— P. 147–152.
- Amaoka K., Yoseda K., Şahin T. et al. 2001. Field guide: flatfishes (Order Pleuronectiformes) found in Black Sea and its adjacent waters.— Turkey, Trabzon: CFRI, JI-CA.— 27 p.
- Bailly N., Chanet B. 2010. *Scophthalmus Rafinesque, 1810*: the valid generic name for the turbot, *S. maximus* (Linnaeus, 1758) [Pleuronectiformes: Scophthalmidae] // Cybium. V. 34. N. 3.— P. 257–261.
- Bjørndal T., Øiestad V. 2011. Turbot — production, technology and markets // Globefish Res. Programme. V. 103.— Rome: FAO.— 31 p.
- Blaxter J.H.S. 2000. The enhancement of marine fish stocks // Adv. Mar. Biol. V. 38.— P. 1–54.
- Bostock J., Muir J., Young J. et al. 2008. Prospective analysis of the aquaculture sector in the EU. Pt. 1: Synthesis Report / Ed. I Papatryfon. EUR 23409 EN/1. Joint Research Centre—Institute for Prospective Technological Studies.— Luxembourg: European Communities Publ.— 156 p.
- Engelsen R., Asche F., Skjennum F., Adoff G. 2004. New species in aquaculture: some basic economic aspects // Culture of cold-water marine fish / Eds. E. Moksness, E. Kjørsvik, Y. Olsen.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 487–515.
- FAO. 2011. Global aquaculture production (online). <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>
- Fauvel C., Omnes M.H., Suquet M., Normant Y. 1992. Enhancement of the production of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), larvae by controlling overripening in mature females // Aquaculture and Fisheries Management. V. 23.— P. 209–216.
- FishBase. 2011. Eds. R. Froese, D. Pauly. Version (06/2011). World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org,
- Hara S. 2002. Present status of fish culture development project in the Black Sea under JICA program // Fish. and Aquat. Sci. V. 2. N. 1.— P. 1–3.
- Howell B.R., Yamashita Y. 2005. Aquaculture and stock enhancement // Flatfishes: biology and exploitation / Ed. R.N. Gibson.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 347–371.
- Imamura K. 1999. The organization and development of sea farming in Japan // Stock enhancement and sea ranching. Chapter 7.— Oxford: Fishing News Books.— P. 91–102.
- Jones A. 1972. Studies of egg development and larval rearing of turbot, *Scophthalmus maximus* L. and brill, *Scophthalmus rhombus* L. in laboratory // Mar. boil. Assoc. U. K. V. 52.— P. 965–986.
- Jones A., Alderson R., Howell B.R. 1974. Progress toward the development of a successful rearing technique for larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* L. // Early life history of fish / Ed. J.H.S. Blaxter.— Berlin, Yeidelberg, New York: Springer-Verlag.— P. 731–737.
- Kjørsvik E., Mangor-Jensen A., Holmeffjord I. 1990. Egg quality in fishes // Advances in Marine Biology. V. 26. P. 71–113.
- Kuhlmann D., Quantz G., Witt U. Rearing of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) on cultured food organisms and post metamorphosis growth on natural and artificial food // Aquaculture. 1981. V. 23.— P. 183–196.
- Maslova O.N. 2002. Problems and achievements in seed production of the Black Sea turbot in Russia // Fish. and Aquat. Sci. V. 2. N. 1.— P. 23–35.
- McEvoy L.-A. 1984. Ovulatory rhythms and overripening of eggs in cultivated turbot *Scophthalmus maximus* L. // Fish. Biol. V. 24. N. 4.— P. 437–448.
- McEvoy L.-A. 1989. Reproduction of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) in captivity // Cuadernos de Area de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos. V. 3.— P. 9–28.
- Minkoff G., Broadhurst A.P. 1994. Intensive production of turbot, *Scophthalmus maximus*, fry // Proc. Satellite Workshop of World Aquaculture '93: «Turbot culture: Problems and prospects». Spec. Publ. EAS. N. 22.— P. 14–31.
- Nicolas J.L., Robic E., Asquer D. 1989. Bacterial flora associated with a trophic chain consisting of microalgae, ro-

- tifers and turbot larvae: Influence of bacteria on larval survival // *Aquaculture*. V. 83.— P. 237–248.
- Özdemir A. 2007. Development in turbot farming // *Marine aquaculture in Turkey* / Eds. A. Candan, S. Karata, K. H. I. Okeme. — Istanbul: Turkish Mar. Res. Foundation.— P. 33–47.
- Person-Le Ruyet J. 1989. The hatchery rearing of turbot larvae (*Scophthalmus maximus*) // *Cuadernos de Area de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos*. V. 3.— P. 57–91.
- Person-Le Ruyet J., Baudin-Laurencin F., Devauchelle N. et al. 1991. Culture of turbot (*Scophthalmus maximus*) // *Handbook of mariculture*. V. II: Finfish aquaculture / Ed. J.P. McVey.— U. K.: CRC Press Publ.— P. 21–41.
- Quantz G. 1989. Larval feeding // *Cuadernos de Area de Ciencias Marinas, Seminario de Estudios Galegos*. V. 3.— P. 37–55.
- Shelbourne J.E. 1964. Artificial propagation of marine fish // *Advances in marine biology*. V. 2.— London; New York: Acad. Press.— 83 p.
- Shields R.J. 2001. Larviculture of marine finfish in Europe // *Aquaculture*. V. 200.— P. 55–88.
- Støttrup J.G., Shields R.J., Gillespie M. et al. 1998. The production and use of copepods in larval rearing of halibut, turbot and cod // *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* V. 98. N. 4.— P. 41–45.
- Suzuki N., Nishida M., Yoseda K. et al. 2004. Phylogeographic relationships within the Mediterranean turbot inferred by mitochondrial DNA haplotype variation // *J. Fish Biol.* V. 65.— P. 580–585.
- Svåsand T., Moksness E. 2004. Marine stocks enhancement and sea-ranching // *Culture of cold-water marine fish* / Eds. E. Moksness, E. Kjørsvik, Y. Olsen.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 433–474.
- Svåsand T., Otter H.M., Taranger G.L. 2004. The status and perspectives for the species // *Culture of cold-water marine fish* / Eds. E. Moksness, E. Kjørsvik, Y. Olsen.— Oxford: Blackwell Publ.— P. 475–486.
- Turbot culture: problems and prospects. 1994. Proc. Satellite Workshop of World Aquaculture'93. Torremolinos, Spain, May 25–27, 1993 / Eds. P. Lavens, R.A.M. Remmerswaal.— Spec. Publ. European Aquaculture Society. N. 22.— 360 p.
- Urup B. 1994. Methods for the production of turbot fry using copepods as food // *Proc. Satellite Workshop of World Aquaculture'93: «Turbot culture: Problems and prospects»*. Spec. Publ. EAS. N. 22.— P. 47–53.
- Van der Meer T., Naas K.E. 1997. Development of rearing techniques large enclosed ecosystems in the mass production of marine fish fry // *Rev. Fish. Sci.* V. 5.— P. 367–390.
- Witt U., Quantz G., Kuhlmann D. 1984. Survival and growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared on different food organisms with special regard to long chain poly-unsaturated fatty acids // *Aquacultural Engineering*. V. 3.— P. 177–190.
- Yamachita Y., Yamada H. 1999. Release strategy for Japanese flounder fry in stock enhancement programmes // *Stock enhancement and sea ranching*. Chapter 13.— Oxford: Fishing News Books.— P. 191–204.

Поступило в редакцию 20.09.11 г. Принято после рецензии 20.03.12 г.

Black sea turbot *Scophthalmus maeoticus* breeding and farming: problems and methods

O.N. Maslova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Information on the achievements of Western Europe and Turkey in breeding and farming of the turbot *Scophthalmus maximus* (closely related species of the Black Sea turbot *S. maeoticus*) are analysed. The results of VNIRO researches on the development of the Black Sea turbot hatchery technology and also results of its practical implementation are submitted. Possible prospects of development artificial reproduction and cultivation of turbot in Russia Black Sea coast are discussed at realization of the saved up scientific potential with the account of available coastal sea water areas.

Key words: turbot, Black Sea turbot, breeding, hatching, farming, enhancement.