

УДК 639.321:639.228(261.24)

БАЛТИЙСКИЙ ТЮРБО *SCOPHTHALMUS MAXIMUS* КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ МАРИКУЛЬТУРЫ В РОССИИ

Д.С. Пьянов

ФГБНУ «АтлантНИРО», г. Калининград
pyanov@atlantniro.ru

Пьянов Д.С. Балтийский тюрбо *Scophthalmus maximus* как перспективный объект марикультуры // Труды АтлантНИРО. 2018. Том 2, № 2. Калининград: АтлантНИРО. С. 43–53.

Представлен анализ литературных данных о современном статусе тюрбо *Scophthalmus maximus* как объекта морской аквакультуры. Рассмотрены биотехнические приемы индустриального выращивания тюрбо в разных странах. Проведение дальнейших экспериментальных исследований с данным видом и в частности с популяцией, обитающей в Балтийском море, весьма актуально. В связи с наблюдающейся тенденцией к снижению уловов тюрбо для всего запаса 22–32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря, а также из-за сложившейся ситуации в динамике гидрологических процессов в период нереста (в частности, низкая соленость воды, из-за которой эффективность естественного воспроизводства невелика), обсуждается возможность осуществления искусственного воспроизводства в ближайшей перспективе. В качестве подтверждения возможности развития марикультуры тюрбо в России приведены краткие результаты наших экспериментальных работ, выполненных в 2018 г. Во время их проведения были отработаны методы выращивания посадочного материала тюрбо в искусственных условиях и получена ранняя молодь, успешно прошедшая стадию метаморфоза. Ее масса достигла около 1 г за 75 суток выращивания. Культивирование проходило в присутствии в системе микроводорослей *Nannochloropsis oculata* и *Dunaliella salina*. Перевод с живых кормов (коловратки, артемия) на искусственные осуществлялся на 40–45 сутки. Собранные данные позволили внести некоторые изменения во временные биотехнические нормативы по инкубации икры и выращиванию личинок балтийского тюрбо. По аналогии с черноморским калканом, основные пики смертности были отмечены в первые три недели развития. Высокая смертность на 10 и 20 сутки после вылупления (48 и 75 % соответственно) свидетельствует о необходимости проведения дальнейших работ с данным видом.

Ключевые слова: *Scophthalmus maximus*, тюрбо, Балтийское море, марикультура

Ryanov D. The Baltic Sea turbot *Scophthalmus maximus* as potential species for marine aquaculture in Russia // Trudy AtlantNIRO. 2018. Vol. 2, № 2. Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 43–53.

The literature overview on the current status of turbot *Scophthalmus maximus* as marine aquaculture species is presented. The commercial cultivation techniques for turbot are considered by different countries. The relevance of further scientific studies with this species, and in particular with turbot from the Baltic Sea is emphasized. The possibility of artificial reproduction in the short term in view of observed trends in reduction of Baltic Sea turbot catches in ICES 22–32 subdivisions as well as in hydrological process dynamics during the spawning process (especially low water salinity which decrease natural reproduction efficiency) is discussed. In support of turbot marine aquaculture development in Russia, the brief results of experimental work in 2018 are additionally presented. During the research process, it was possible to improve the methods of cultivation of turbot fingerlings under artificial conditions and grow successfully passed the metamorpho-

sis stage early juveniles weighing about 1 g in 75 days. The cultivation process was conducted in the presence of *Nannochloropsis oculata* and *Dunaliella salina* microalgae; the transition from live feed (rotifers, artemia) to artificial diets was accomplished on 40–45 days post hatch. The obtained data allowed some changes in the temporary protocols for the egg incubation and the larval growing of the Baltic Sea turbot to be made. By analogy with the Black Sea turbot, the main peaks of mortality were observed in the first three weeks of larval development. High mortality on 10 and 20 day post hatch period (48 % and 75 % respectively) emphasizes the need for further experimental work with this species.

Key words: *Scophthalmus maximus*, turbot, Baltic Sea, marine aquaculture

Введение

В настоящее время аквакультура является весьма динамично развивающимся сектором сельского хозяйства. Объем вылова рыбы сейчас достаточно быстро снижается и, по мнению аналитиков, это будет одним из основных факторов роста глобального производства продукции аквакультуры в течение ближайших нескольких лет. Кроме того, увеличение осведомленности потребителей о пользе рыбы и рыбных продуктов для здоровья, как ожидается, также повлияет на рост производства продукции аквакультуры.

В отдельных странах объемы искусственного выращивания гидробионтов уже в несколько раз превышают объемы вылова, при этом морская аквакультура (марикультура), как самостоятельное направление аквакультуры, основная деятельность которого направлена на разведение морских видов рыб и моллюсков, может составлять более 50% государственного сектора рыбного хозяйства. В России развитие этого перспективного направления рыбохозяйственной деятельности еще не достигло больших успехов, однако для этого имеются хорошие возможности, в том числе по видовому составу пригодных для культивирования морских объектов [Данилов, 2002].

Одним из таких видов может быть тюрбо *Scophthalmus maximus*, L. – ценный объект коммерческой марикультуры в европейских странах, о чем свидетельствуют его высокая пищевая ценность, признание потребителями на мировом рынке и тенденция к увеличению мощностей глобального производства (например, в Китае), которое на 2017 г. составило более 59 тыс. т [Person-Le Ruyet, 2002; Bouza et al., 2014; APROMAR, 2017]. Потенциал культивирования тюрбо в искусственных условиях обусловлен его высокими вкусовыми качествами, хорошим темпом роста и растущей ценой, а эксплуатация систем выращивания при работе с данным видом требует наличия высококвалифицированного персонала, обеспечения полного санитарно-микробиологического контроля и передовых методов очистки воды.

В настоящей работе представлен обзор мирового состояния марикультуры тюрбо и краткие результаты проведенных в 2018 г. сотрудниками ФГБНУ «АтлантНИРО» экспериментов по отработке технологии получения жизнестойкой молоди в целях искусственного воспроизводства и товарного выращивания на предприятиях аквакультуры.

Марикультура тюрбо

В настоящее время в Европе уровень продукции искусственно выращиваемой тюрбо относительно невелик по сравнению с другими видами рыб. Самый высокий показатель был зафиксирован в 2012 г., когда объемы производства составляли 12817 т. К настоящему времени они составляют около 10000 т. В 2015 г. товарная продукция тюрбо в ЕС, согласно данным FAO, составила 10173 т [FAO, 2016; Mereghetti, 2017] и 11270 т согласно отчету Федерации европейских производителей аквакультуры (FEAP, Federation of European Aquaculture Producers) [FEAP, 2016].

Лидирующей европейской страной по выращиванию тюрбо на сегодняшний день является Испания, где в 2017 г. общая продукция этого вида составила 8546 т при ее стоимо-

сти около 73 млн евро при средней рыночной цене 8,5 евро/кг [APROMAR, 2017]. Данный объем производства достигнут в основном за счет деятельности компании Nueva Pescanova Group SL (ранее Pescanova, S.A.), базирующейся в автономном сообществе Галисия, регионе, где на настоящий момент сосредоточено 99 % испанской марикультуры тюрбо. Имеющийся у компании уровень технологий на рыбных хозяйствах позволяет выращивать этот вид до средней товарной массы в 1,8 кг за 18–24 месяца [Casal, 2013]. Региональное правительство Страны Басков также недавно анонсировало программу исследований по развитию аквакультуры таких видов, как лосось, солея и тюрбо с целью создания новых предприятий, получения прибыли и открытия рабочих мест в будущем [IntraFish, 2017].

Успех испанской марикультуры тюрбо во многом обусловлен наличием научных центров и учреждений (Институт морских исследований, Университет Сантьяго-де-Компостела и Университет Виго), где постоянно ведутся исследования и совершенствуются технологии выращивания атлантического тюрбо.

В Португалии тюрбо рассматривается как один из наиболее ценных видов рыб, марикультура которого может обеспечить ограничение притока внешней рыбопродукции и, как следствие, снизить зависимость от импорта [INE, 2016]. В 2015 г. объемы искусственного выращивания оценивались в 2300 т, составляя примерно 20 % сектора аквакультуры страны [FAO, 2016]. Вероятнее всего, в ближайшие годы будет наблюдаться тенденция увеличения объемов производства. Еще в первом квартале 2018 г. крупнейшая компания Stolt Sea Farm, занимающаяся разведением тюрбо и солей в промышленных масштабах, сообщила о резком росте прибыли благодаря возросшей выручке от продаж своей продукции (в большей степени тюрбо), приведшей к 2,5 % повышению цен [IntraFish, 2018].

В других европейских странах объемы выращивания тюрбо невелики. В Норвегии они не превышают 300 т/год [Hjeltnes et al., 2018]. В Нидерландах единственная компания Seafarm B.V. имеет свою технологию выращивания этого вида в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), где за 1,5–2,0 года успешно получают товарную продукцию массой более 1 кг и реализуют ее на внутреннем рынке. Общая мощность предприятия составляет около 200 т/год [Naegh, 2016]. В Дании культивированием посадочного материала тюрбо для искусственного воспроизводства или последующего товарного выращивания занимается компания Maximus A/S [Luening, 2014], с молодью проводятся прикладные и фундаментальные исследования в Роскильдском и Датском техническом университетах.

В целом показательно, что начиная с 2004 г. продукция тюрбо в Европе превышает объемы вылова, где еще в 90-х годах прошлого века последние составляли более 11000 т, а в 2015 г. снизились до 5800 т [FAO, 2016], что может говорить о дальнейшем потенциале роста марикультуры данного вида.

В то же время за последние несколько лет Китай стал мировым лидером по выращиванию тюрбо, где только по примерным оценкам FAO объемы продукции составляют около 55000 т [FAO, 2016]. 49 % годового объема марикультуры тюрбо в стране сосредоточено в провинции Шаньдун, где для выращивания рыбы используются подземные воды [Hou et al., 2013; Cang et al., 2018]. В отличие от европейской марикультуры, процессы промышленной культивации в большинстве случаев осуществляются в проточной воде в специальных тепличных зданиях [Lei, Xin, 2010; Cang et al., 2018]. В таких условиях 10-г молодь тюрбо достигает массы в 500 г за 7–9 месяцев [Lei, Xin, 2010]. Сезонно выращивают тюрбо в морских садках в южной части китайского побережья. Рыбоводные хозяйства провинций Фуцзянь и Гуандун закупают искусственно полученную молодь старших возрастных групп массой 100–150 г (как правило, из северных провинций Шаньдун и Далянь) и помещают ее в донную часть садков, где содержат до конца октября, когда температура прилегающего Южно-Китайского моря опускается ниже 21°C [Lei, Xin, 2010]. Основные исследования по аквакультуре камбалообразных видов рыб постоянно проводятся в Научно-исследовательском институте рыбного хозяйства Желтого моря (г. Гуанчжоу).

На Черном море марикультура черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus* L. успешно освоена в Турции, где он рассматривается как объект разведения и товарного выра-

щивания [Маслова, 2013]. Этот вид семейства Scophthalmidae не имеет таксономически значимых генетических и морфологических различий с тюрбо и часто рассматривается как подвид последнего, обитающий в Черном море [Bailly, Chanet, 2010]. В свое время сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» также была разработана и успешно апробирована технология разведения черноморского калкана, однако массовое производство не получило дальнейшего развития из-за отсутствия государственной поддержки [Маслова, 2013].

Несмотря на уже достигнутые масштаб и уровень мировой марикультуры тюрбо, по-прежнему остается необходимость проведения дальнейших экспериментов и разработок по выращиванию данного вида. По-прежнему важно решение таких задач, как генетическое усовершенствование и выведение улучшенных пород тюрбо, а также борьба с заболеваниями. Открытым остается вопрос кормов и кормления тюрбо: сейчас ставятся цели определить альтернативные источники сырья для производства видоспецифичных кормов и найти приемы для лучшего роста и здоровья рыбы, тем самым увеличить эффективность и рентабельность выращивания товарной продукции в промышленных условиях.

Российской аквакультуре, в свою очередь, основываясь на полученных ранее результатах по выращиванию жизнестойкой молоди калкана и тюрбо, следует начать внедрение разработанных технологий в практику [Маслова, Разумеев, 2008; Куманцов, 2013; Маслова, 2013].

Тюрбо в Балтийском море

В настоящее время запасы тюрбо в Балтийском море находятся в депрессивном состоянии из-за сложившейся ситуации в динамике гидрологических процессов в период нереста данного вида [Хайновский, Ульянов, 2015]. Большинство камбалообразных видов рыб имеет пелагическую икру. После вылупления эмбрионов из оплодотворенной икры следует пелагическая личиночная стадия. Перемещение личинок к приповерхностному слою для заполнения воздухом плавательного пузыря и последующее прохождение стадии метаморфоза должно заканчиваться в подходящей для них среде обитания. Количество выживших личинок, достигших таких мест, является ключевым фактором, определяющим жизнестойкость летнего потомства. В этом отношении физические процессы, влияющие на дрейфующих личинок, имеют важное значение для конечной их выживаемости [Nissling et al., 2006]. В случае с балтийским тюрбо низкая соленость воды является главным лимитирующим фактором, не позволяющим икре подняться из придонного слоя и впоследствии снижающим жизнеспособность личинок.

Было обнаружено, что между разными популяциями тюрбо существуют различия в требованиях к солености. В отличие от атлантического тюрбо и тюрбо, обитающего в Северном море (около 1 млн шт/кг), балтийская популяция обладает более высокой относительной плодовитостью (1,5–1,8 млн шт/кг), что, вероятно, отражает фенотипическую пластичность при обитании в солоноватоводных условиях [Florin, Höglund, 2006; Nissling et al., 2006]. Благодаря длительной адаптации к условиям среды, балтийский тюрбо, в противоположность атлантическому, имеет донную икру, что подтверждено многочисленными исследованиями [Kuhlmann et al., 1980; Bagge, 1981; Florin, Höglund, 2006; Nissling et al., 2006; Martinsson, Nissling, 2011].

Эффективность естественного нереста при солености ниже 6 ‰, как правило, невелика. Только малое количество вылупившихся личинок имеет жизнеспособное состояние [Kuhlmann, Quantz, 1980; Nissling et al., 2006]. Это согласуется с данными по распределению тюрбо в Балтийском море на фоне уменьшения естественной солености. В южной части моря до острова Готланд (24–28 подрайоны ИКЕС), где соленость находится на уровне 7–8 ‰, вид встречается чаще, чем, например, в 29 и 30 подрайонах, где она составляет 6,0–6,5 и 5,0–5,5 ‰ соответственно и полностью отсутствует в водах Ботнического залива (31 подрайон ИКЕС) с соленостью около 3 ‰ [Nissling et al., 2006].

Успех естественного воспроизводства тюрбо, в частности на этапах развития икры и личинок, зависит от действия локального апвеллинга и соленых течений, идущих из Каттегата. Это приводит к кратковременному увеличению уровня солености, тем самым удерживая ее в поверхностном слое [Гущин, 1998; Nissling et al., 2006; Хайновский, Ульянов, 2015]. В первом случае области апвеллинга в Балтийском море наблюдаются у западного побережья (25 и 27 подрайоны), у полуострова Хель и вдоль побережья Куршского залива (26 подрайон), восточного побережья о. Готланд до Моонзундского архипелага (28 подрайон) и северных берегов Финского залива (32 подрайон) [Гущин, 1998; Myrberg, Andrejev, 2003].

В последние два десятилетия наблюдается тенденция к снижению уловов тюрбо для всего запаса 22–32 подрайонов ИКЕС Балтийского моря. Если еще в середине 1990-х годов общий вылов в этих районах колебался от 800 до 1200 т, то в 2016 г. было выловлено 254 т (российский вылов 6 т) [ICES, 2017]. В российской части 26 подрайона ИКЕС Балтийского моря промысел тюрбо ведется несколькими маломерными судами типа ТБ с использованием ставных донных сетей с размером ячеи 240 мм, в основном в апреле-мае, в августе-ноябре. Доля этого вида в общем вылове составляет от 0,1 до 0,4 % [Осадчий и др., 2012].

Учитывая все вышесказанное и принимая во внимания прогнозы, связанные с увеличением объемов грядущего потребления рыбы в будущем и влияние нестабильного гидрологического режима Балтийского моря, перспективным может представляться осуществление искусственного воспроизводства тюрбо. При отработке с последующим внедрением технологий марикультуры выпуск выращенной молоди в море может способствовать поддержанию промыслового запаса на стабильном уровне.

Сотрудниками ФГБНУ «АтлантНИРО» ранее были предприняты некоторые исследования, направленные на получение жизнестойкой молоди тюрбо. Полученные результаты в 1997–2000, 2003–2004, 2008–2012 и 2018 гг. доказывают возможность развития этого направления марикультуры. За эти годы была отработана методика взятия половых продуктов, оплодотворения, инкубации и подращивания личинок тюрбо, удалось получить малое количество мальков, прошедших стадию метаморфоза [Гущин, 1998; Маташенко, 2009; Хайновский, 2011].

Как отмечается в ранних исследованиях ФГБНУ «АтлантНИРО», для увеличения показателей выживаемости икры личинок и молоди на этапах культивирования соленость морской воды необходимо искусственно увеличивать до 12 ‰, так как при естественной солености Балтийского моря (являющейся «пороговой» для морских гидробионтов) процент аномалий и смертность на ранних стадиях развития возрастает. Более высокая соленость 18–20 ‰ так же положительно сказывается на выживаемости гидробионтов, однако экономически невыгодна [Маташенко, 2009].

Краткие результаты исследований 2018 года

В 2018 г. ФГБНУ «АтлантНИРО» были возобновлены экспериментальные работы по выращиванию посадочного материала балтийского тюрбо. Исследования проводились с мая по август на базе экспериментального рыбоводного цеха (п. Лесной, НП Куршская коса). Для выдерживания производителей тюрбо, проведения инкубации полученной от них икры и последующего выращивания личинок и мальков на базе цеха были созданы 3 рыбоводные установки, работающие по принципу УЗВ. Особенностью исследований этого года является тот факт, что условия, созданные в установках, были максимально приближены к промышленным. В будущем это позволит использовать их технологическую схему на промышленных предприятиях и на предприятиях, направленных на искусственное воспроизводство.

Материал и методика. Отлов производителей тюрбо проводился донными ставными сетями с шагом ячеи 115–120 мм, которые выставлялись на глубинах 5–10 м вдоль побережья Куршской косы Калининградской области с 15 по 31 мая. В течение 40–50 минут отловленные производители доставлялись в установку для выдерживания. Отловленные и доставленные в экспериментальную рыбоводную установку для последующего выдержива-

ния производители имели длину тела не менее 35 см, самцы – не менее 20 см. Самцы и самки содержались раздельно. В первые пять суток выдерживания и акклимации в установке поддерживалась температура воды на уровне 9–10°C, затем ее плавно увеличивали до 13–15°C, тем самым применяя экологический метод стимуляции созревания производителей.

Оплодотворение икры проводилось полусухим способом. Порция икры самок сцеживалась в мерный стакан объемом 150 мл. Параллельно усыплялись два самца, из которых извлекались семенники и мелко измельчались скальпелем в чашке Петри. После этого в чашку Петри вносилось несколько миллилитров подготовленной воды из инкубационной установки. Полученная суспензия со спермой через марлю сливалась в стакан с икрой. Половые продукты плавно перемешивались в течение 6 минут. Затем оплодотворенная икра аккуратно промывалась от остатков спермы, сгустков крови, мочи и фекалий, после чего переносилась в инкубационные аппараты.

Инкубация проводилась в проточной воде в стеклянных цилиндрических аппаратах объемом 20 л (рисунок а). Перемешивание икры осуществлялось за счет аэрации. Для обеспечения положительной плавучести икринок естественная соленость используемой морской воды доводилась синтетической солью до 13 ‰, температура в период инкубации составляла $13,9 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Выбор созданных условий был определен в первую очередь уже полученными ранее положительными результатами [Гущин, 1998; Маташенко, 2009].

Вылупившихся личинок пересаживали в бассейны объемом 200 л для последующего их выдерживания и выращивания (рисунок в). За 2 суток до этого в емкости были внесены культуры микроводорослей *Nannochloropsis oculata* и *Dunaliella salina*, таким образом весь процесс выращивания проходил в «зеленой воде». Живые корма в виде солоноватоводной коловратки *Brachionus plicatilis* вносили в емкости на вторые сутки после вылупления.

На 12 сутки после вылупления в бассейн с личинками также вносили односуточных науплий *Artemia salina*. С 20 по 45 сутки в бассейн с личинками начали вносить метанауплии (возраст 48 ч) *Artemia salina*, питательный состав которых предварительно обогащали, используя для кормления гомогенизированное свежее филе тюрбо с добавлением рыбьего жира и жирорастворимых витаминов. С 40 суток и до конца исследовательского периода в емкость добавляли коммерческий искусственный стартовый корм с содержанием сырого протеина 64 % и жира 9 %, диаметр крупки 0,2–0,4 мм. Все экспериментальные работы проводились до 15 августа.

Результаты. Зрелая икра среднего качества от четырех самок была получена в конце мая. Средний диаметр икринок по всем партиям составил $1,10 \pm 0,5$ мм. В каждом случае использовалась только первая порция икры. Через 164–166 часов после осеменения икры свободные эмбрионы всплывали к поверхности инкубационных аппаратов. В рамках данного исследования было получено около 3000 личинок тюрбо.

На личиночном этапе полное рассасывание желточного мешка у вылупившихся личинок наблюдалось на 5 сутки. Плавательный пузырь начал заполняться на 7 сутки, рассасывание желточного мешка закончилось на 10–11 сутки, элементы плавников, высота тела увеличились. На 10 сутки средняя длина тела личинок составляла $4,02 \pm 0,66$ мм, смертность достигала 46–48 %.

Первые признаки начала метаморфоза (смещение правого глаза на верхнюю часть головы) наблюдались на 18 сутки. К этому моменту личинки уже перешли на питание свежескормившимися науплиями *Artemia salina*, концентрация коловраток в емкостях была незначительной ($1,3 \pm 1,6$ шт/мл). На данном этапе была отмечена самая высокая смертность – 75 %. Средняя концентрация коловраток за период с 5 по 20 сутки составляла $2,9 \pm 2,4$ шт/мл, науплий артемии за период с 12 по 20 сутки – $0,6 \pm 1,0$ шт/мл.

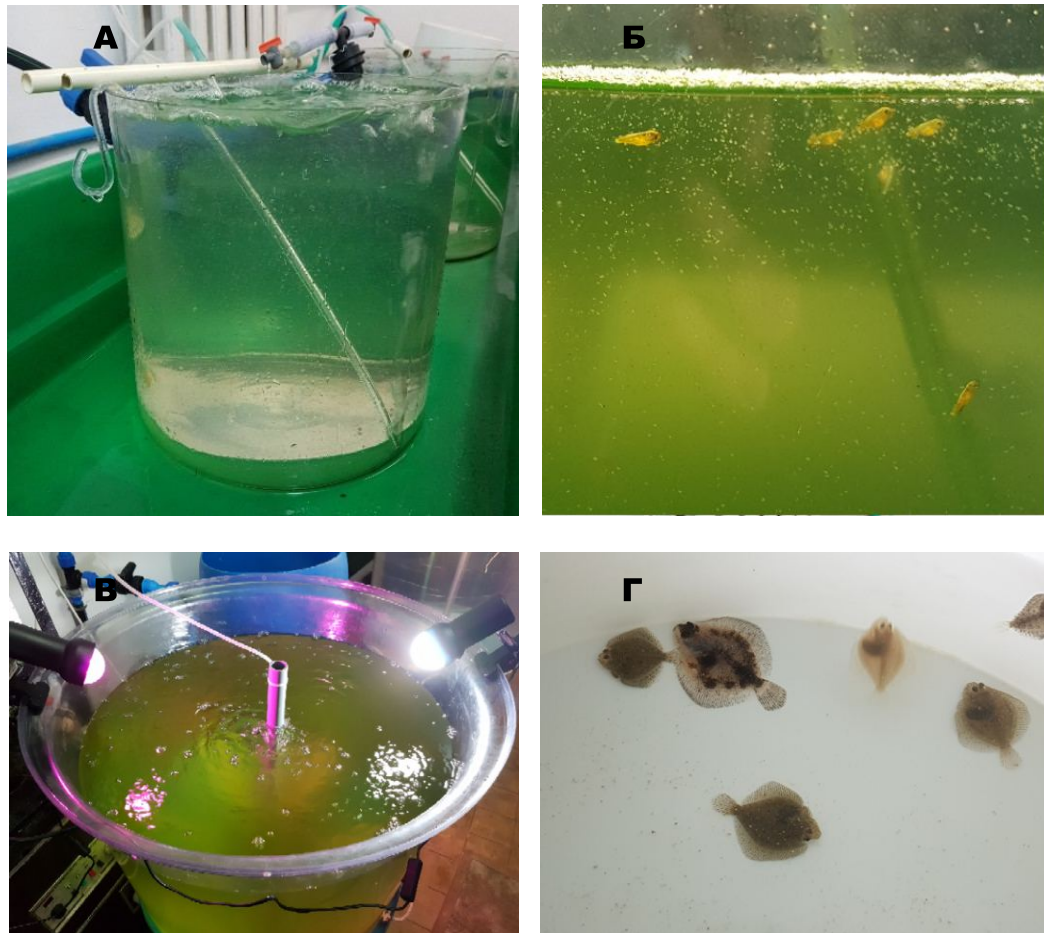


Рисунок. Отдельные этапы выращивания посадочного материала тюрбо в 2018 г.: процесс инкубации икры (А), личинки тюрбо (18 суток после вылупления) до прохождения стадии метаморфоза (Б), используемые емкости для выращивания личинок (В), выращенные мальки камбалы-тюрбо (75 сутки после вылупления) в момент пересадки в чистую емкость (Г)
 Figure. Some stages of cultivation process of turbot fingerlings in 2018: incubation process (А), turbot larvae (18 days post hatch) before metamorphosis (Б), tanks used for larval rearing (В), artificially cultivated turbot fingerlings (75 days post hatch) at the moment of transfer to clean tank (Г)

На 30 сутки после вылупления отдельные особи начали залегать на дно. Чтобы ускорить процесс завершения метаморфоза дно рыбоводных емкостей засыпали тонким слоем песка. На 40 сутки большая часть личинок располагалась на дне или концентрировалась внизу бассейнов. У части особей правый глаз не сместился: такие личинки находились в постоянном движении. По-видимому, из-за больших затрат энергии на постоянное плавание в толще воды они начинали отставать в росте и впоследствии погибали. Средняя длина тела на данном этапе составляла $17,83 \pm 4,02$ мм (самые крупные особи имели длину 25–26 мм).

На 40 сутки концентрацию живых кормов (метанауплий) в бассейне постепенно снижали, а на 45–60 сутки кормление личинок осуществлялось исключительно искусственным стартовым кормом. Завершение метаморфоза у отдельных особей (40–45 %) было отмечено на 41–44 сутки после вылупления. У оставшихся особей трансформация тела завершилась к концу личиночной стадии (50–60 сутки). На 50 сутки средняя длина тела личинок составляла $26,80 \pm 3,89$ мм.

За весь период выращивания личинок среднее содержание растворенного в воде кислорода и температура воды составили $10,5 \pm 0,5$ мг/л и $17,3 \pm 1,1$ °С соответственно, уровень рН 8,5–8,8.

На стадии выращивания мальков температуру плавно повышали до 20°C на 0,5°C в сутки. Начальная длина особей составляла 33,00±4,69 мм, средняя масса 0,48±0,07 г. Мальков содержали в бассейнах до момента достижения ими средней массы 1 г (рисунок г). Смертность на мальковом этапе составила 3,5 %. Средняя температура воды в бассейнах при выращивании мальков составила 19,7±0,58°C, содержание кислорода – 10,2±0,6 мг/л.

Обсуждение результатов. Результаты транспортировки производителей оценивали по их поведению. Отхода при перевозке и внешних травм не наблюдалось. Встречались единичные особи, которые на момент пересадки в бассейн оказались перевернутыми вверх брюшком отчасти ввиду того, что были «придавлены» остальными рыбами в пакете во время транспортировки. Однако они быстро адаптировались в новых условиях без негативных для них последствий.

В процессе выдерживания производителей тюрбо у части созревающих самок наблюдалась резорбция икры. Это, вероятнее всего, связано с полученным рыбами стрессом в моменты вылова, транспортировки и акклимацией к новым для них искусственным условиям. Требуется дальнейшего рассмотрения вопроса влияния условий УЗВ на диких производителей. Так, например, у отдельных особей мертвая икра наблюдалась уже на 3–4 сутки выдерживания. В то же время у двух самок удалось получить качественную зрелую икру и через 15 суток.

Экологический метод стимулирования созревания производителей в целом дал положительные результаты. За период нашего исследования было получено несколько порций икры от четырех разных производителей или около 30 % самок от общего их количества в установке. Доля созревших особей при таком методе стимулирования может быть достаточно небольшой и для тюрбо находится в пределах не более 20% всех особей [Хайновский, 2011].

Полученные в ходе эксперимента результаты по инкубации в целом сопоставимы с литературными данными. В Северном море 50 % вылупление личинок тюрбо в искусственных условиях при температуре 12°C наблюдается через 150 ч после оплодотворения, что примерно на 10 % быстрее, чем в Балтийском море [Karas, Klingsheim, 1997]. Наши результаты инкубации икры также сопоставимы с данными [Kuhlmann et al., 1980], где при температуре 13°C 50 % вылупление личинок балтийского тюрбо было отмечено на 155 ч.

Одним из сложных моментов при выращивании посадочного материала тюрбо является этап начала экзогенного питания у личинок, когда в связи с ограниченными возможностями их пищеварения при кормлении должны использоваться только живые корма. По аналогии с атлантическим тюрбо и черноморским калканом [Sahin, 2001], самые высокие пики смертности были отмечены в первые три недели развития: на 7–10 сутки, когда у личинок полностью раскрылся рот, и они активно начинали потреблять находящиеся в толще воды коловраток, и на 18 сутки при переходе на питание науплиями артемии. Выживаемость личинок атлантического тюрбо при присутствии в системе выращивания микроводорослей *Tetraselmis suecica* и *Isochrysis galbana* на 14 сутки после вылупления составляет 63,5 % [Ханайченко и др., 2000]. В нашем случае чуть более низкая выживаемость, возможно, обусловлена микробной инфекцией, отсутствием применения антибиотического препаратов и использованием других культур микроводорослей – *Nannochloropsis oculata* и *Dunaliella salina*. При этом первый вид считается хорошим источником ω-3 жирных кислот и широко применяется в марикультуре, в частности для черноморского калкана [Sahin, 2001].

После прохождения стадии метаморфоза, столь значимого на личиночном этапе, отхода у рыб не наблюдалось. Выживаемость с 40-суточного возраста находилась на стабильном уровне. Это также может свидетельствовать об успешной адаптации объекта к специфическим условиям выращивания и новому режиму кормления искусственными кормами.

Полученные результаты позволили внести некоторые изменения во временные биотехнические нормативы по инкубации икры и выращиванию личинок и мальков балтийского тюрбо. Однако по-прежнему остается необходимость проведения дальнейших экспериментов, направленных в первую очередь на увеличение выживаемости личинок на ранних

стадиях путем введения в их рацион новых видов живых кормов (в частности копепод). Необходимо также обеспечить выработку надежной иммунной системы с повышенной устойчивостью к стрессу у ранней молоди и усовершенствовать методы ее перевода на искусственные корма.

Заключение

С учетом уже налаженных технологий выращивания тюрбо по всему миру и успешно отработанных отечественных методик, потенциал марикультуры тюрбо и дальнейшее развитие данного направления в России не вызывают сомнений. В свою очередь, говоря о перспективах организации искусственного воспроизводства и промышленном культивировании балтийского тюрбо помимо биологических вопросов, в будущем представляется необходимым рассмотрение экономических и маркетинговых аспектов.

Благодарности

Выражаю большую благодарность О.Ю. Маташенко за оказание помощи и консультации при проведении исследования по отработке технологии получения жизнестойкой молоди камбалы-тюрбо, в целях искусственного воспроизводства и товарного выращивания на предприятиях аквакультуры в 2018 г.

Список литературы

Гущин А.В. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Усовершенствование биотехники культивирования балтийского тюрбо на критических стадиях развития личинок для получения жизнеспособной молоди». Калининград: ФГУП «АтлантНИРО», 1998. 33 с.

Данилов В.М. Проблемы развития марикультуры в России // ВНИЭРХ. Рыб. хоз-во. Серия: Марикультура, 2002, вып. 4. С. 1–7.

Куманцов М.И. Черноморская камбала-калкан: состояние запасов и пути их сохранения и восстановления // Труды ВНИРО, 2013. № 150. С. 21–34.

Маслова О.Н. Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана *Scophthalmus tauricus*: проблемы и методы // Труды ВНИРО, 2013. № 150. С. 35–49.

Маслова О.Н., Разумеев Ю.В. Балтийский тюрбо: от эксперимента к опытно-промышленному комплексу // Матер. Второй междунар. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов». (Москва, 26–27. 11. 2008 г.). С. 200–202.

Маташенко О.Ю. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработка биотехники искусственного воспроизводства камбалы-тюрбо, адаптированной к условиям юго-восточной Балтики». Калининград: ФГУП «АтлантНИРО», 2009. 25 с.

Осадчий В.М. [и др.]. Состояние национального рыболовства в Балтийском море и перспективы его развития в современных международно-правовых условиях / Осадчий В.М., Ткачев И.Ю., Киселев В.Н., Федоров В.Е. // Известия КГТУ, 2012. №24. С. 87–94.

Хайновский К.Б. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Совершенствование биотехники выращивания посадочного материала камбалы-тюрбо для целей искусственного воспроизводства и товарного выращивания». Калининград: ФГУП «АтлантНИРО», 2011. 20 с.

Хайновский К.Б., Ульянов А.Г. Искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов в Калининградской области: опыт, проблемы, перспективы // Труды ВНИРО, 2015. № 153. С. 57–73.

Ханайченко А.Н., Планас М.И., Карнеро Д.Г. Рост, выживаемость и химический состав личинок тюрбо (*Scophthalmus maximus* L.) при интенсивном выращивании в «чистой» и «зеленой» воде // Экология моря, 2000. № 50. С. 78–82.

APROMAR, 2017. La Acuicultura en España / Electronic resource / Mode of access: http://www.apromar.es/sites/default/files/2018/APROMAR_Informe_ACUICULTURA_2018.pdf (Дата обращения 05.10.2018).

Bagge O. Demersal Fishes. In: The Baltic Sea. Voipio A. (Ed.). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 1981. P. 311–333.

Bailly N., Chanet B. *Scophthalmus Rafinesque*, 1810: the valid generic name for the turbot, *S. maximus* (Linnaeus, 1758) [Pleuronectiformes: Scophthalmidae] // *Cybum*, 2010. Vol. 34 (3). P. 257–261.

Bouza C., 2014. AquaTrace species leaflet Turbot (*Scophthalmus maximus*) / Bouza C., Vandamme S., Hermida M., Cabaleiro S., Volckaert F., Martínez P. / Electronic resource / – Mode of access: <https://aquatrace.eu/leaflets/turbot> (Дата обращения 03.10.2018).

Cang P., Yang Z., Duan Y. The Economies of Scale of Turbot Industrial Running Water Aquaculture System in China: A Case from Shandong Province // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2018. Vol. 18. P. 167–173.

Casal J.F. Aquaculture in Galicia: a review of the past 25 years and prospects for the next 25 // *Trébol*, 2013. Vol. 66. P. 5–15.

FAO Fisheries and aquaculture software. Fish Stat J - software for fishery statistical time series. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Базы данных от 21.07.2016. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>

FEAP, 2016 Federation of European Aquaculture Producers. European Aquaculture Production Report 2007-2015. FEAP Secretariat, Liege, Belgium. 46 p.

Florin A.B., Höglund J. Absence of population structure of turbot (*Psetta maxima*) in the Baltic Sea // *Molecular Ecology*, 2006. Vol. 16 (1). P. 115–126.

Haegh M., 2016. Challenging the status quo Kaldnes ® RAS / Electronic resource / – Mode of access: https://www.conservationfund.org/images/programs/files/2016_AIW_presentations/25_Haegh_presentation_-_challenging_status_quo_opportunities_for_innovation_AIW.pdf (Дата обращения 05.10.2018).

Hou H. [et al.]. Bacterial Flora in Turbot *Scophthalmus maximus* Cultured in Deepwell Seawater of Liaodong Peninsula / Hou H., Ding J., Zhang G., Chen L. // *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2013. Vol. 23 (6). P. 530–541.

Hjeltnes B. [et al.]. Update on fish disease situation in Norway 2017 / Hjeltnes B., Jensen B.B., Bornø G., Haukaas A., Walde C.S. // *AQUA 2018. We #R Aquaculture*, Montpellier, France 25-29.08.2018. Abstr. P. 349.

ICES, 2017 Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS), 19-26 April 2017, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017. ACOM:11. 810 p.

INE, 2016. Estatísticas da Pesca 2015/ Instituto Nacional de Estatística, Lisbon, Portugal. 144 p.

IntraFish, 2018. Higher farmed turbot, sole prices strengthen Stolt's Q1 / Electronic resource / – Mode of access: <http://www.intrafish.com/finance/1470736/higher-farmed-turbot-sole-prices-strengthen-stolts-q1> (Дата обращения 03.10.2018).

Karas P., Klingsheim V. Effects of temperature and salinity on embryonic development of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) from the North Sea, and comparisons with Baltic populations // *Helgolander Meeresunters*, 1997. Vol. 51. P. 241–247.

Kuhlmann D. [et al.]. The development of turbot-eggs, *Scophthalmus maximus* L., from the Baltic Sea under different temperature and salinity conditions / Kuhlmann D., Quantz G., Nellen W., Lenz J. // *ICES CM*, 1980. F:31. 8 p.

Kuhlmann D., Quantz G. Some effects of temperature and salinity on the embryonic development and incubation time of the turbot, *Scophthalmus maximus* L., from the Baltic Sea // *Meeresforschung*, 1980. Vol. 28, P. 172–178.

IntraFish, 2017. Spanish Basque Country announces aquaculture projects / Electronic resource / – Mode of access: <http://www.intrafish.com/news/1380961/spanish-basque-country-announces-aquaculture-projects> (Дата обращения 04.10.2018).

Lei J.L., Xin F.L. Culture of turbot: Chinese perspective. In: Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement. Daniels H. V., Watanabe, W. O. (Eds.). Oxford, United Kingdom: Wiley-Blackwell. 2010. P. 185–204.

Luening E. 2014. Major reno to diversify production at Danish hatchery / Electronic resource / – Mode of access: <https://www.hatcheryinternational.com/profiles/major-reno-to-diversify-production-at-danish-hatchery-1546> (Дата обращения 05.10.2018).

Martinsson J., Nissling A. Nursery area utilization by turbot (*Psetta maxima*) and flounder (*Platichthys flesus*) at Gotland, central Baltic Sea // Boreal Environment Research, 2011. Vol. 16. P. 60–70.

Mereghetti M., 2017. Spanish bream production to recover in 2017, bass output expected to tick down / Electronic resource / – Mode of access: <https://www.undercurrentnews.com/2017/11/27/spanish-bream-production-to-recover-in-2017-bass-output-expected-to-tick-down/> (Дата обращения 03.10.2018).

Myrberg K., Andrejev O. Main upwelling regions in the Baltic Sea – a statistical analysis based on three-dimensional modeling // Boreal Environment Research, 2003. Vol. 8. P. 97–112.

Nissling A., Johansson U., Jacobsson M. Effects of salinity and temperature conditions on the reproductive success of turbot (*Scophthalmus maximus*) in the Baltic Sea // Fisheries Research, 2006. Vol. 80. P. 230–238.

Person-Le Ruyet J. Turbot (*Scophthalmus maximus*) Grow-out in Europe: Practices, Results and Prospects // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2002. Vol. 2. P. 29–39

Sahin T. Larval Rearing of the Black Sea Turbot, *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) under Laboratory Conditions // Turkish Journal of Zoology, 2001. Vol. 25. P. 447–452.