



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Бакалаврская работа)

На тему «Перспективы искусственного воспроизводства тюрбо *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) в Калининградской области»

Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура,
профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»

Исполнитель Саенко Саенко Татьяна Александровна
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель Шошин Шошин А.В., доц., к.б.н.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой Королькова Королькова С.В., к.т.н.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«26» июля 2023 г.

Санкт-Петербург

Оглавление

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ТЕРМИНОВ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ДЛЯ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ КАМБАЛЫ-ТЮРБО <i>SCOPHTHALMUS MAXIMUS</i> В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	6
1.1 Природоохранный статус вида.....	6
1.2. Статистика и меры регулирования промысла тюрбо в Балтийском море.....	6
1.3 Оценка запаса популяции балтийского тюрбо.....	8
1.4 Обоснование перспективности выращивания камбалы-тюрбо в Калининградской области.....	9
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБЪЕКТА.....	11
2.1 Общая характеристика Балтийского моря.....	11
2.2 Характеристика акватории района культивирования.....	13
3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЮРБО <i>SCOPHTHALMUS MAXIMUS</i>	19
3.1 Ареал и природные условия обитания.....	19
3.2 Систематика и морфобиологическая характеристика.....	20
3.3 Жизненный цикл и размножение.....	22
3.4 Ранние, критические стадии развития.....	25
3.5 Заболевания тюрбо и их профилактика.....	27
4. БИОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЮРБО <i>SCOPHTHALMUS MAXIMUS</i>	31
4.1 Индустриальная аквакультура тюрбо: от экспериментов к передовым технологиям.....	31
4.2 Биотехника выращивания личинок тюрбо <i>Scophthalmus maximus</i> на базе экспериментального рыбоводного цеха «АтлантНИРО».....	35
4.3 Интенсивная биотехника выращивания родственного вида <i>Scophthalmus maeoticus</i> с подготовкой к выпуску в места естественного обитания.....	42
4.4 Рыбоводный расчёт.....	47
4.5 Актуальные проблемы искусственного воспроизводства тюрбо.....	51
4.6 Рекомендации.....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	68

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

АзНИИРХ — Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства

АтлантНИРО — Атлантический научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии

ВБР — водные биологические ресурсы

ВНИРО — Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Главрыбвод — главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов

ДГК — докозагексаеновая кислота

ИнБИОМ — Институт биологии южных морей

лк — люкс (единица измерения освещённости в Международной системе единиц)

ННН-промысел — незаконный, несообщаемый и нерегулируемый промысел

ОВОС — оценка воздействия на окружающую среду

ОДУ — общий допустимый улов (биологически приемлемая для запаса величина годового вылова)

РАН — Российская академия наук

РНК — рибонуклеиновая кислота

УЗВ — установка замкнутого водоснабжения (см. RAS)

ФИЦ — федеральный исследовательский центр

ФГБНУ — федеральное государственное бюджетное научное учреждение

ФГБУН — федеральное государственное бюджетное учреждение науки

ФГБУ — федеральное государственное бюджетное учреждение

ЦУРЭН — Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации

ЮгНИРО — Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии

FAO — Food and Agriculture Organization of the United Nations (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций, ФАО)

gH — gesamte Härte (нем.) (общая жёсткость воды)

HELCOM — Helsinki Commission (Baltic Marine Environment Protection Commission) (Хельсинкская комиссия по защите морской среды Балтийского моря, ХЕЛКОМ)

ICES — International Council for the Exploration of the Sea (Международный совет по исследованию моря, ИКЕС)

IUCN — International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (Международный союз охраны природы, МСОП)

pH — pondus Hydrogenii (лат.) (водородный показатель, мера кислотности водных растворов)

Raceway (aquaculture) — рейсвей(с) (проточная система для культивирования водных организмов)

RAS — Recirculating Aquaculture System (Рециркуляционная система аквакультуры — технология, при которой вода перерабатывается и используется повторно после механической и биологической фильтрации и удаления взвешенных веществ и метаболитов; применяется для выращивания различных видов рыб с высокой плотностью на минимальной площади)

TRBIV — Turbot Reddish Body Iridovirus (иридовирус красноватого тела тюрбо)

VER — Viral Encephalopathy and Retinopathy (вирусная энцефалопатия и ретинопатия)

VHS — Viral Hemorrhagic Septicemia (вирусная геморрагическая септицемия)

ВВЕДЕНИЕ

Юго-Восточная Балтика отличается умеренным количеством промысловых видов. В российской акватории 26-го подрайона Международного совета по исследованию моря (ИКЕС) ведётся добыча сельдевых, тресковых, камбаловых. В последние десятилетия отмечается значительное снижение объёмов вылова разных видов, в том числе камбалы-тюрбо.

В рамках выполнения Стратегии развития рыбного комплекса до 2030 года [22] дополнительные средства будут направлены на выращивание новых объектов аквакультуры. Перспективы стать таким объектом есть у балтийского тюрбо, так как эта морская рыба пользуется спросом у местных потребителей за высокие вкусовые качества. Искусственное воспроизводство вида с последующим выпуском в зону прибрежного рыболовства увеличит промысловую часть запаса.

Актуальность работы: анализ научных публикаций по теме воспроизводства рыб рода *Scophthalmus* выявил факт недостаточной изученности ряда аспектов. Весьма ощутим дефицит знаний о нерестовом поведении камбалы-тюрбо и ранних стадиях онтогенеза в природной среде. Остаётся открытым вопрос о родственных связях атлантического тюрбо и черноморского калкана, продолжаются научные дискуссии не только о подтверждении их конспецифичности, но и о корректном названии рода.

Кроме того, актуальность темы продиктована необходимостью решения проблемы низкой выживаемости тюрбо в условиях аквакультуры, выявленной в ходе проведённых экспериментов, и реализации на практике успешных экспериментальных методик воспроизводства рыб рода *Scophthalmus*.

Цель работы: анализ существующих биотехник выращивания тюрбо *Scophthalmus maximus* для выявления потенциала аквакультуры вида и дальнейшего развития данного направления в Юго-Восточной Балтике.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить состояние популяции балтийского тюрбо и обосновать необходимость искусственного воспроизводства камбалы-тюрбо в Калининградской области;
2. Дать физико-географическую и экологическую характеристику естественного ареала камбалы-тюрбо;
3. Изучить биологические особенности вида *Scophthalmus maximus*;
4. Описать существующие технологии выращивания рыб рода *Scophthalmus*, обозначить наиболее эффективные методы в процессе искусственного воспроизводства;
5. Разработать рекомендации для решения проблем, выявленных в процессе работы над темой.

Объект исследования: балтийский тюрбо *Scophthalmus maximus*.

Предмет исследования: особенности и перспективы воспроизводства тюрбо *Scophthalmus maximus* в условиях Калининградской области.

Материал для исследования — научная и публицистическая литература отечественных (Хайновский К.Б., Пьянов Д.С., Ханайченко А.Н., Гилагосов В.Е., Рауэн Т.В. и др.) и зарубежных авторов (R.Sierra-Flores, T.Munroe, E.Rurangwa, V.Øiestad et al.), данные международных организаций.

Практическая значимость выпускной квалификационной работы состоит в подготовке рекомендаций по осуществлению мероприятий с целью успешного развития аквакультуры камбалы-тюрбо, подготовке рыбоводного расчёта для предприятия, планирующего искусственное воспроизводство камбалы-тюрбо.

Выпускная квалификационная работа представлена на 75 страницах и состоит из введения, четырёх глав, заключения, приложения и перечня условных обозначений. Основной текст состоит из 54 страниц. Работа проиллюстрирована 32 рисунками и 8 таблицами. Список использованной литературы содержит 52 источника, в том числе 15 на иностранном языке.

1. АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ДЛЯ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ КАМБАЛЫ-ТЮРБО *SCOPHTHALMUS MAXIMUS* В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Природоохранный статус вида

Для понимания необходимости воспроизводства любого гидробионта целесообразно знать природоохранный статус. Вид *Scophthalmus maximus* согласно классификации МСОП (Международного союза охраны природы) имеет категорию Least Concern (вызывающий наименьшие опасения) [49]. Но балтийский тюрбо с 2013 года находится в Красном списке HELCOM (The Helsinki Commission) и оценивается как Near Threatened (находящийся в состоянии, близком к угрожаемому) [50].

Хельсинская комиссия определила угрозы для популяции тюрбо Балтики: высокая промысловая нагрузка, особенно на крупных самок, пониженное содержание кислорода вследствие эвтрофикации в глубинных районах зимовки. Ключевая опасность для рыбы — чрезмерный вылов.

1.2. Статистика и меры регулирования промысла тюрбо в Балтийском море

Статистику лова камбалы-тюрбо ИКЕС ведёт с 1965 года. Камбала добывается в южной и западной частях Балтийского моря (подрайоны ИКЕС 22–26). За период 1965–1992 гг. во всём море в среднем добывалось 225 т камбалы ежегодно. В середине 90–х годов уловы возросли до 1000–1200 т, в это время во всех восточных странах Балтии тюрбо по причине более высокой рыночной цены стали отсортировывать от другой рыбы.

В период 1999–2003 гг. польский вылов камбалы-тюрбо увеличился с 33 т до 360 т. Шведский промысел в 1996 году достиг максимума в 250 т. Далее повсеместно отмечается стабильное снижение уловов. С 2013 года среднегодовая добыча составляет около 200 т. На рисунке 1 представлена динамика общего вылова тюрбо странами Балтики [42].

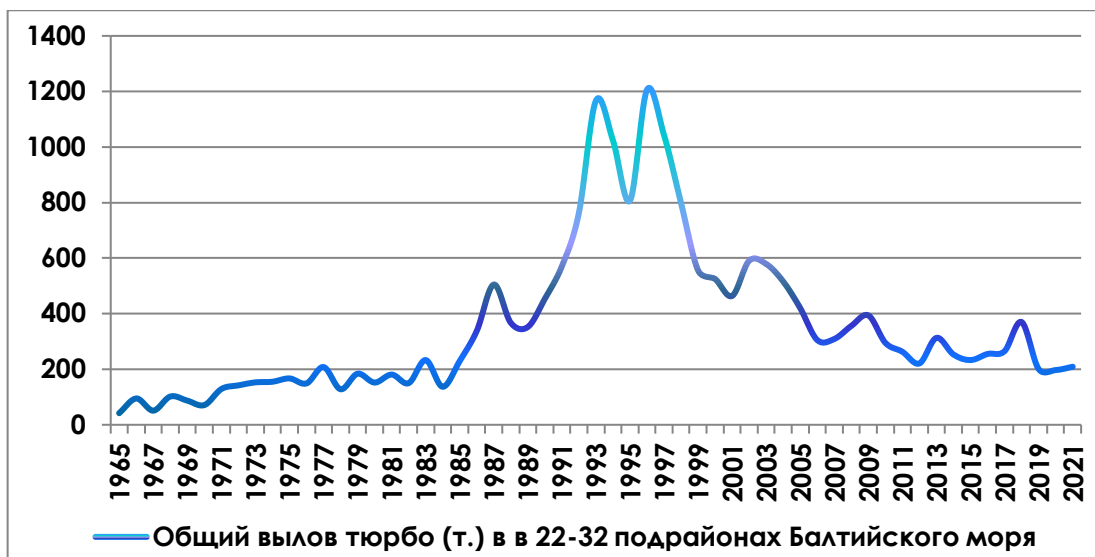


Рис. 1. Динамика общего вылова тюрко с 1965 по 2021 гг. [42].

По результатам 2020–2021 гг. Дания (средний вылов 80 т.), Германия (45 т.), Польша (58 т.) были ведущими странами по вылову тюрко в Балтийском море. Швеция (14 т.) и Россия (менее 0,5 т в 2021 году) ведут промысел в Восточной части Балтии (рис. 2) [42].

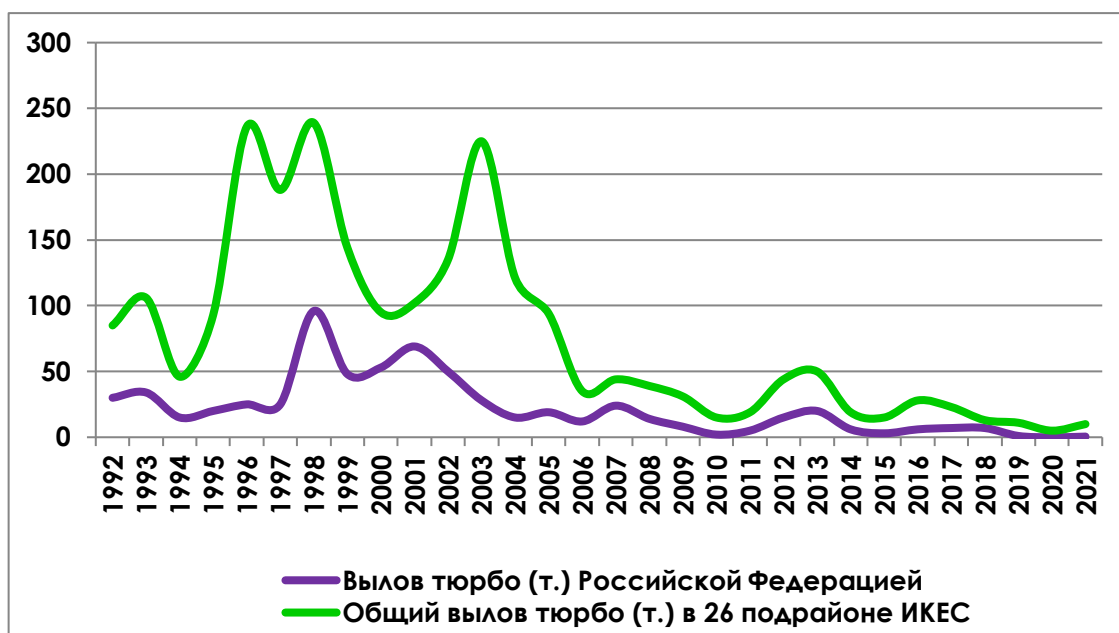


Рис. 2. Динамика вылова тюрко в 26 подрайоне ИКЕС [42].

Европейский промысел тюрко регулируется установлением квот на вылов и запретных рыболовных зон. Есть ограничения по минимальному промысловому размеру и орудиям донного лова. Правилами рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна [21] в России запрещается осуществлять добычу камбалы-тюрко с 1 июня по 31 июля, применять

ставные сети с внутренним размером ячеек меньше 175 мм, устанавливается промысловый размер не менее 30 см.

1.3 Оценка запаса популяции балтийского тюрбо

Начиная с конца прошлого века, промысловая нагрузка уменьшила численность популяции балтийского тюрбо. Перелов самок и неполовозрелых особей привел к обеднению нерестовых запасов и уменьшению средней длины рыб в уловах. Экологический фактор, вызванный воздействием человека на места расселения и нереста вида, и специфика гидрологии Балтийского моря также способствовали сокращению численности камбалы-тюрбо [49].

Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» в 2011 году предоставил статистические данные учётных траловых съёмов донных и пелагических рыб в 26-м подрайоне ИКЕС Балтийского моря за 19-летний период. Целевые объекты донного траления для рыболовного учёта — треска, камбала речная, сельдь, шпрот составили 99,1% биомассы уловов (рис. 3).

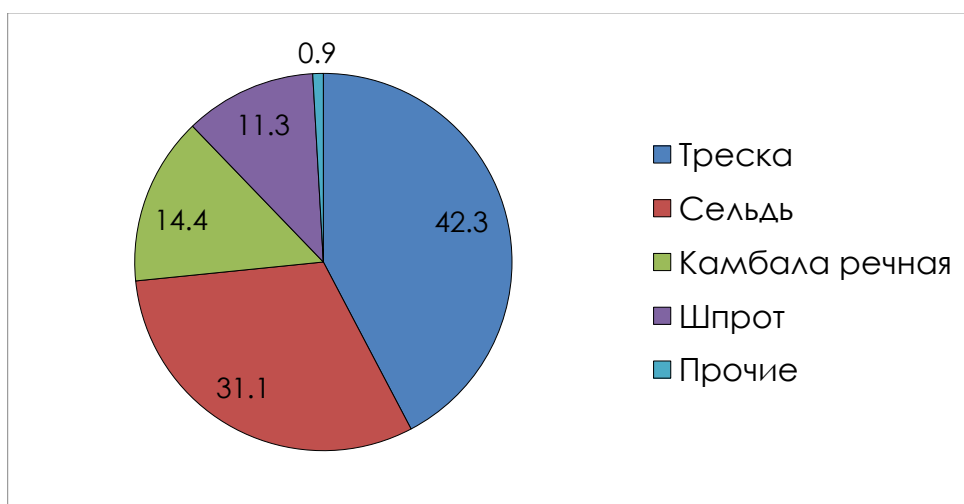


Рис. 3. Видовая структура донных траловых уловов, в процентах по биомассе [9].

Оставшиеся 0,9% составили 19 нецелевых видов, среди которых камбала-тюрбо находилась в первой тройке по встречаемости. На рисунке 4 представлены доминирующие объекты морского комплекса в прилове [9].

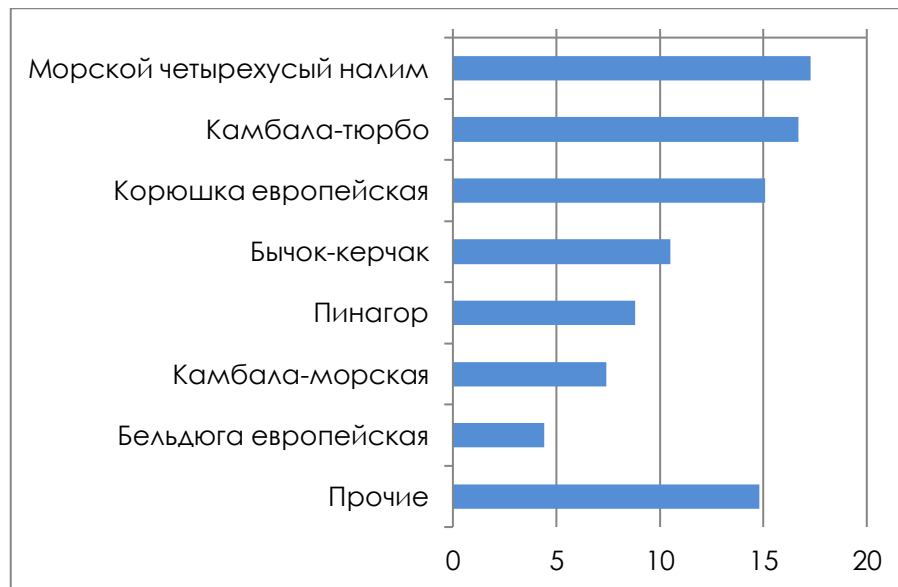


Рис. 4. Видовая структура (в %) прилова донного трала по встречаемости [9].

1.4 Обоснование перспективности выращивания камбалы-тюрко в Калининградской области

Целями государственной программы развития рыбохозяйственного комплекса Калининградской области [19] являются подъём рыбоводства, сохранение и повышение численности промысловых рыб в Балтийском море, Куршском и Вислинском заливах. Неоспоримые аргументы в пользу искусственного воспроизводства *Scophthalmus maximus* с последующим выпуском в акваторию Балтийского моря встречаются у ряда авторов [13, 31, 34].

1) Балтийский тюрко считается перспективным объектом искусственного воспроизводства для зарыбления прибрежных акваторий или в коммерческих целях. Однако окупить себя построенное и введённое хозяйство товарного выращивания камбалообразных может только через пять лет, минимум через четыре года.

Альтернатива товарного воспроизводства *Scophthalmus maximus* — выращивание мальков тюрко в питомнике до стадии полного метаморфоза. Культивирование и выпуск рыб в акваторию Балтики создаст дополнительный ресурс для их промысловой эксплуатации. Предполагаемое

увеличение объёма вылова тюрбо Балтийского моря за счёт искусственного воспроизводства и выпуска обозначено в количестве 200 т. Эта величина станет реальностью, когда работы по искусственному воспроизводству камбалы-тюрбо в акватории Юго-Востока Балтики станут систематическими.

2) Имеется адаптированная к условиям Калининградского региона технология получения в УЗВ посадочной молоди камбалы-тюрбо до жизнестойкой стадии (массой 0,3–0,5 г). На данной стадии возможен выпуск молоди в среду естественного обитания.

3) Самки камбалы-тюрбо по причине их большего размера в сравнении с самцами в период нерестовых скоплений активно изымаются ННН-промыслом.

4) Эффективность естественного нереста диких производителей балтийского тюрбо не столь высока. Лимитирующий фактор — низкая солёность балтийских вод (от 3 ‰ в поверхностных водах до 10 ‰ в пелагиали). Этот фактор затрудняет подъём икры и личинок *S. maximus* из придонного в приповерхностный слой, значительно влияет на их выживаемость. Локальный апвеллинг, который появляется при сильных северных ветрах, и солёные течения из Каттегатского пролива лишь на непродолжительное время повышают солёность и благоприятны для успешного нереста балтийского тюрбо. Механическое воздействие штормовых волнений на икринки и личинки, отсутствие укрытий тоже не способствуют успеху естественного воспроизводства.

5) Предполагаемая зона выпуска молоди камбалы-тюрбо обеспечена подходящей кормовой базой. Объекты питания — балтийская песчанка и европейский шпрот, которых не в полной мере используют другие хищные рыбы.

6) После достижения малькового возраста миграции тюрбо Балтийского моря ограничены, а это предполагает, что искусственно выращенная молодь останется в районе выпуска (Калининградская область) без перемещения в территориальные воды сопредельных государств.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО ОБЪЕКТА

2.1 Общая характеристика Балтийского моря

Внутриконтинентальное Балтийское море относится к бассейну Атлантического океана. Море соединяется с океаном через проливы Каттегат, Скагеррак, Датские проливы и Северное море (рис. 5).

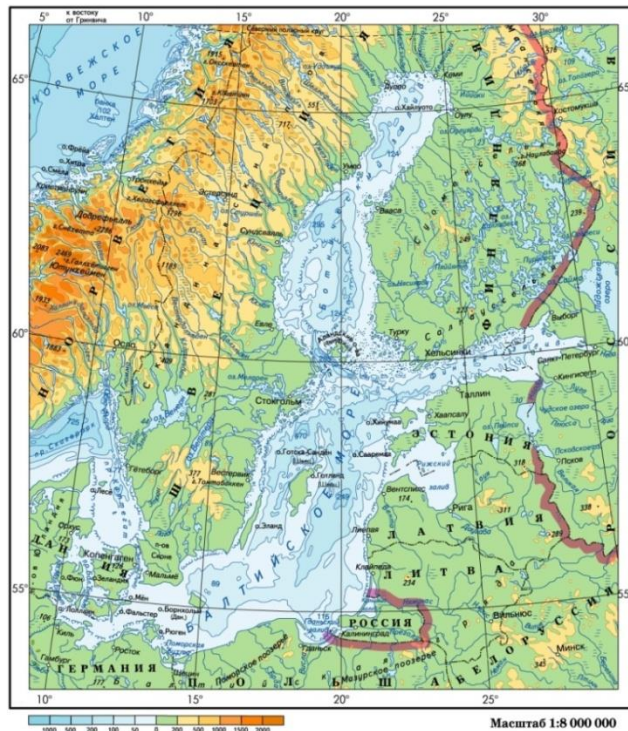


Рис. 5. Физическая карта Балтийского моря [17].

Основные параметры Балтийского моря представлены в таблице 1 [7].

Таблица 1

Морфометрические характеристики Балтийского моря от Датских проливов (по Дорохову, Дороховой, 2011) [7]

Характеристики	Значение
Площадь моря, тыс. км ²	378,53
Объем моря, тыс. км ³	20,35
Средняя глубина, м	53,8
Максимальная глубина, м	459
Длина береговой линии с островами, км	46 924,4
Длина моря, км	1 735
Средняя ширина моря, км	218,2

Самые крупные заливы Балтийского моря — Ботнический, Финский, Рижский (они же самые мелководные), Гданьский и Куршский. Гидрология Балтийского моря определяются его умеренным морским, с чертами континентальности климатом, лимитированным водообменом с Северным морем, большим речным стоком. Реки Ботнического залива вносят порядка 40–43 % в суммарный речной сток моря, доля рек Рижского залива невелика, около 7%, процент рек Финского залива и собственно Балтики составляет одну четверть от общего стока.

Водоём классифицируется как крупнейший пресноводно-солонатоводный объект. Солёность можно рассматривать как с точки зрения зональной изменчивости — убывание с запада до Гданьского залива (16–7,3‰) на восток, так и меридиональной — снижение солёности от Гданьского до Ботнического залива (7,3–3‰) [7].

Температура воды на поверхности изменчива, находится в диапазоне летом от 9°C в Ботническом заливе до 20°C на юге моря, в зимний период в заливах от 0°C и ниже до 3°C в открытой части моря. Лёд образуется в ноябре в прибрежье и заливах, в остальной части моря позже. Таяние начинается в марте–апреле, но зависит от суровости зимы.

В Балтийском море под воздействием солеформирующих факторов (приток североморских вод, атмосферная циркуляция, сток рек) образуется стабильная плотностная стратификация, которая определяет гидрохимический режим водоёма. Выделяют поверхностную зону, насыщенную растворённым кислородом, и глубинную, где есть дефицит кислорода по причине замедленного водообмена между этими зонами из-за стратификации. Соответственно с глубиной уменьшается содержание кислорода, увеличиваются солёность, азот и фосфор. Температура воды вначале падает до ядра холодного промежуточного слоя, потом растёт (см. Прил. Рис. 1).

Оценивая экологическую обстановку Балтики, следует выделить два фактора влияния: природный и антропогенный. Водосборная площадь

Балтийского моря огромна, и со временем в море проникло много питательных веществ, особенно фосфора и азота. Избыток биогенов и загрязняющих веществ попадает с суши через реки, по воздуху, просачивается из донных отложений.

Антропогенный источник поступления нутриентов — объекты сельского хозяйства, коммунальные и промышленные сточные воды. Это приводит к неконтролируемому росту водорослей, а далее к эвтрофикации. Последствиями её становятся дезоксигенация, мутность воды, изменения в рыбных запасах, сокращение бентосных животных. Рост биологической продуктивности сильнее выражен в акватории побережья, где находятся места преднерестовых скоплений и нагула молоди камбалы-тюрьбы. Эвтрофикация ухудшает естественные условия обитания вида.

На экосистему Балтийского моря также воздействует чрезмерный рыбный промысел, интродукция некоренных видов, деградация мест обитания гидробионтов, изменение климата, опасные химические вещества и морской мусор [16].

2.2 Характеристика акватории района культивирования

Потенциальным районом рыбоводных мероприятий для выращивания камбалы-тюрьбы выбрана морская акватория Куршской косы. Рыбоводное предприятие базируется в посёлке Лесной Калининградской области.

Куршская коса (рис. 6), российский отрезок которой составляет 48 из 98 километров, длится в северо-восточном направлении от Самбийского полуострова до границы с Литвой.

Регион находится в Юго-Восточной Балтике. Климат прибрежной территории морской с мягкой зимой и тёплой погодой летом и осенью, прохладной весной. Температурный диапазон воды составляет 0–20°C, солёность 7‰. Преобладают ветра западных румбов. В осенне–зимний период нередки штормы от 8 баллов и выше. Штормовые ветра

способствуют размыву морского склона Куршской косы и уничтожению берегового растительного покрова.



Рис. 6. Куршская коса (на рисунке обозначено расположение экспериментального рыболовного цеха в пос. Лесной) [12].

Региональные сообщества макрофитобентоса представлены 32 видами водорослей-макрофитов, их обитание на глубине не простирается дальше 12-метровой изобаты. Видовое разнообразие водорослей и их размеры ограничены малой соленостью вод.

В донной макрофауне от берега Куршской косы до изобаты 50 м встречаются 34 вида беспозвоночных. Это двустворчатые и брюхоногие моллюски, ракообразные и виды групп *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Turbellaria*, *Hydracarina*.

Таксономические группы: *Rotatoria* — 9, *Cladocera* — более 10 видов, *Copepoda* — 8 видов, меропланктон — личинки *Polychaeta*, *Gastropoda*, науплии *Cirripedia*. Фауна зоопланктона стабильна в период вегетации. Начиная с середины лета численность видов коловраток невысока, но в этот период повышается разнообразие меропланктона. Небольшие по размеру представители *Rotifera*, *Copepoda*, *Artemia*, *Bosmina longirostris*, иногда личинки *Bivalvia* и *Cirripedia* составляют основу зоопланктона прибрежной

зоны моря Куршской косы. Общая численность прибрежного планктонного сообщества — 46 тыс. шт/м³. Концентрация зоопланктона вдоль Куршской косы варьируется от 5 до 20 тыс. шт/м³, на глубинах до 30 м (максимум сосредоточения на 5 м) [2].

Ихтиофауну Балтийского моря делят на четыре группы или комплекса по их распространённости в море и отношению к солёности. На рисунке 7 обозначены границы зон 4 комплексов.

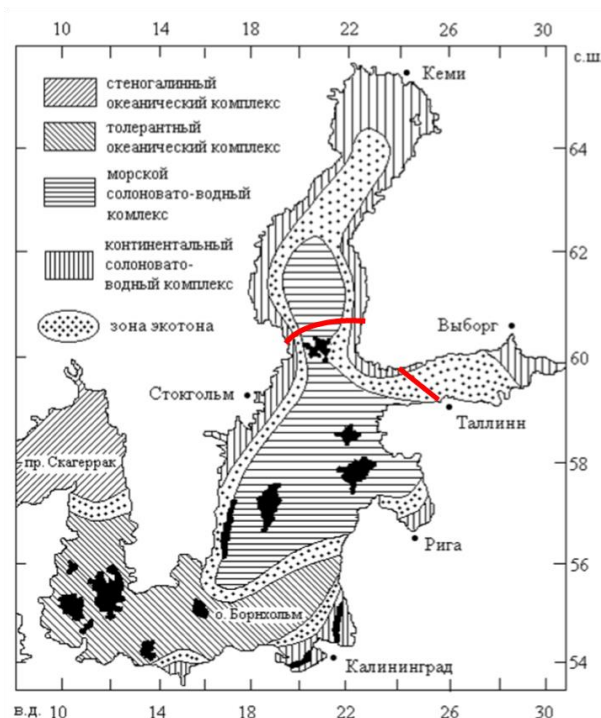


Рис. 7. Границы океанических и солоновато-водных комплексов Балтийского моря (— границы распространения камбалы-тюрбо) [5].

1) Океанический комплекс — стеногалинные виды, живут и размножаются при солёности от 25 до 33 ‰.

2) Толерантный океанический комплекс — морские виды, сформировавшие относительно обособленные популяции и приспособившиеся к низкой солёности Балтики. Это балтийская треска и камбаловые рыбы, среди них тюрбо. Нагул этих видов осуществляется в мелководной прибрежной зоне, размножение — в придонных глубинных горизонтах, где солёность повышена.

3) Морской солоновато-водный комплекс — балтийская сельдь и шпрот.

4) Континентальный солоновато-водный комплекс — пресноводные виды (окунь, лещ, плотва, щука, судак). Размножение осуществляется при солёности до 3 ‰, ареал рыб этого комплекса охватывает опреснённые участки речных устьев и заливы Северной и Восточной Балтики [4].

В юго-восточных балтийских водах обитает около 50 видов рыб, представляющих три комплекса, кроме океанического. Среди промысловых видов следует назвать атлантическую треску *Gadus morhua*, европейского шпрота *Sprattus sprattus*, балтийскую сельдь *Clupea harengus membras*, речную камбалу *Platichthys flesus*, камбалу-тюрбо *Scophthalmus maximus*. В тёплое время в море из Куршского залива идут на нагул пресноводные и солоноватоводные виды: окунь *Perca fluviatilis*, сиг обыкновенный *Coregonus lavaretus*, судак *Sander lucioperca*, лещ *Abramis brama* и другие.

Литоральную зону заселяют балтийская песчанка *Ammodytes tobianus*, трёхиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*, бычки: бычок-бубырь *Pomatoschistus microps*, малый бычок-бубырь *Pomatoschistus minutus*, понто-каспийский вселенец — бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* [2, 3].

Отличительные черты литоральной зоны Куршской косы по сравнению с остальной акваторией побережья Балтики:

1) Почти вся площадь литорали занята песчаными грунтами, что в значительной мере влияет на распределение демерсальных рыб, их видовой состав.

2) В сублиторальной зоне сформировались три подводных отмели (песчаные бары) на расстоянии 10–20, 50–80, 150–350 м от берега соответственно (рис. 8). Такой рельеф дна способствует тому, что температура воды летом в этой зоне выше, чем в прилегающей морской акватории. К тому же, по желобам между барами идут интенсивные вдольбереговые течения.

3) Сток пресной воды из Куршской лагуны через Клайпедский пролив во внешнюю морскую зону приводит к понижению солёности воды в тёплое время года.

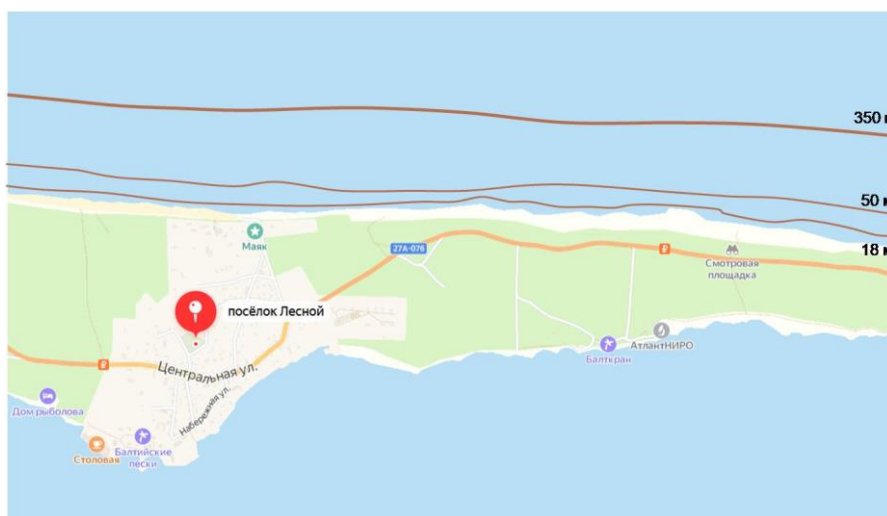


Рис. 8. Расположение баров на литорали Куршской косы у посёлка Лесной [16].

В силу этих особенностей распределение рыб в сублиторальной зоне Куршской косы имеет сезонный характер, есть частичная разница между видовым разнообразием балтийских прибрежных и открытых вод.

Внешнюю прибрежную акваторию Куршской косы в районе посёлка Лесной можно разделить на 4 функциональные зоны:

1) Зона заплеска и уреза воды. В этой зоне нерестится балтийская песчанка *Ammodytes tobianus* — один из основных кормовых объектов камбалы-тюрбо.

2) Зона от берега до первого бара (0–18 м). На глубинах, ограниченных 0,8 м нагуливается молодь песчанки, речной камбалы и тюрбо.

3) Зона от первой до второй отмели (18–50 м) с глубинами от 0,8 до 1,6 м. Здесь, кроме нагуливающейся молоди, встречаются единичные представители *Scophthalmus maximus*, которые заходят в тепловодные участки для ускорения созревания половых продуктов.

4) Зона от второго до третьего песчаного бара (50–340 м), где глубина достигает до 2,3 м. Акватория, где сосредоточено большинство зреющих особей тюрбо. Здесь продолжается территория нагула молодых особей

камбал, начинается зона нагула атлантической трески, располагается зона обитания бычков псаммофилов [2, 16].

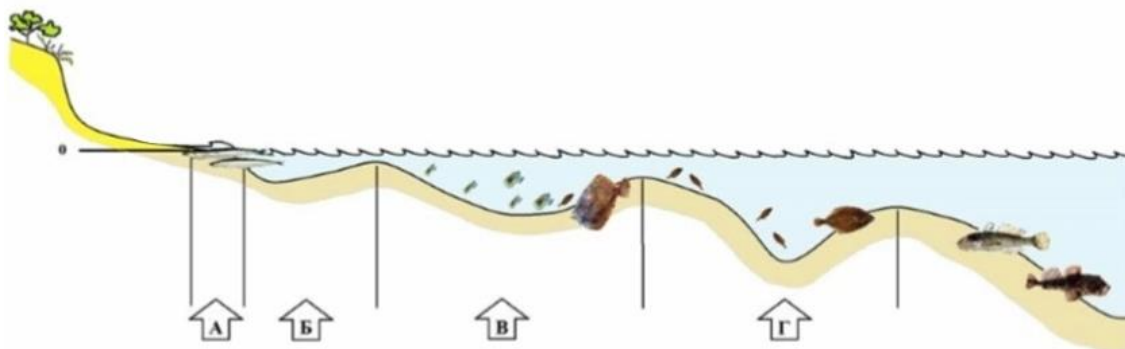


Рис. 9. Функциональная схема зоны литорали, ограниченной песчаными барами: А — зона заплеска и уреза воды; Б — зона от берега до первого бара; В — зона между первым и вторым барами; Г — зона между вторым и третьим барами [16].

3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЮРБО *SCOPHTHALMUS* *MAXIMUS*

3.1 Арел и природные условия обитания

Генетические и морфологические исследования показывают, что атлантический тюрбо *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) и черноморский калкан *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814), возможно, имели общего предка. Есть сходство в биологии и развитии, несмотря на географическую изоляцию. Не проводились эксперименты по скрещиванию калкана и тюрбо, что могло бы доказать их конспецифичность [37].

Ареал тюрбо — Северо-Восточная Атлантика вдоль европейского побережья от Португалии до Норвегии, включая западную Ирландию и Великобританию. Вид распространён в Северном море, Средиземном море до Западной Сахары. Также населяет Балтийское море за исключением Ботнического и Финского заливов. Самые многочисленные популяции находятся в южной части Северного моря, в проливах Каттегат, Скагеррак, в проливе Ла-Манш, в Ирландском море. Ареал *Scophthalmus maeoticus* — Чёрное, Азовское моря (рис. 10).

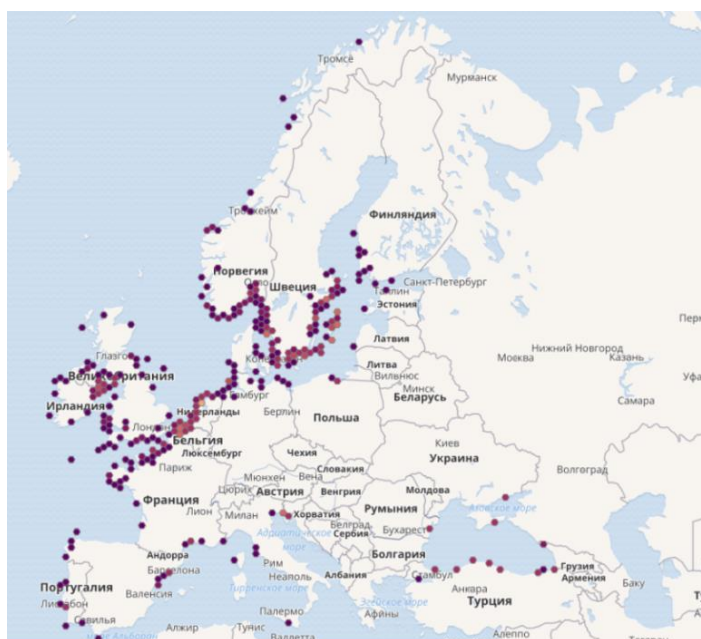


Рис. 10. Арел атлантического тюрбо *Scophthalmus maximus* и черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus* [43].

Тюрбо является демерсальной рыбой, обитающей на песчаном, каменистом или смешанном дне. Как правило, глубина погружения камбалы находится в диапазоне от 20 до 80 м. Молодые рыбы в конце лета – начале осени предпочитают прибрежное песчаное мелководье в опреснённых участках заливов и предустьевых зон. Взрослые неполовозрелые особи не заходят в опреснённые районы, хотя также держатся у берегов. Взрослые тюрбо нагуливаются на глубине, но не совершают дальних миграций.

Балтийский тюрбо фенотипически пластичный вид и способен выживать и размножаться при различной солёности. Его икра оплодотворяется и развивается даже при 6‰, однако оптимум солёности гораздо выше — от 15 до 20‰ [30].

Оптимальная температура водной среды колеблется от 13 до 20 °С с летальным исходом ниже 2 и выше 30 °С. Спектр питания молоди тюрбо включает беспозвоночных (*Calanoida*, *Euphausiacea*, личинки *Balanus* и *Gastropoda*). Взрослые камбалы-тюрбо хищничают, питаются песчанками *Ammodytes*, молодью пикши *Melanogrammus aeglefinus*, мерлангом *Merlangius merlangus*, тресочкой Эсмарка *Trisopterus esmarkii*, малой тресочкой *Trisopterus minutus*, малым бычком-бубырём *Pomatoschistus minutus*, европейским шпротом *Sprattus sprattus*, атлантическим морским лещём *Brama brama*, а также моллюсками и полихетами [52].

3.2 Систематика и морфобиологическая характеристика

Домен: Эукариоты Eukaryota

Царство: Животные Animalia

Тип: Хордовые Chordata

Подтип: Позвоночные Vertebrata

Группа: Костные рыбы Osteichthyes

Класс: Лучепёрые рыбы Actinopterygii

Отряд: Камбалообразные Pleuronectiformes

Семейство: Калкановые Scophthalmidae

Род: Ромбы *Scophthalmus*

Вид: Тюрбо *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758)

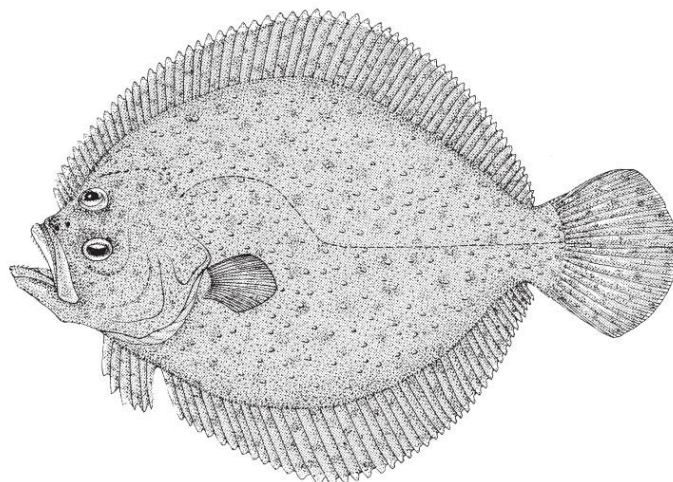


Рис. 11. Камбала-тюрбо *Scophthalmus maximus* [44].

Тело атлантического тюрбо ромбовидной формы, значительно сжатое с боков, без чешуи. Длина тела в полтора раза превышает ширину. Средняя длина 40–60 см, средняя масса 6–10 кг. Окрас верхней стороны камбалы зависит от цвета дна. Встречаются вариации серого, песочного, бурого цветов с тёмными и светлыми точками. Нижняя сторона белая с заметными пятнами или без них. Плавники пёстрые, тёмно-коричневые со светлыми вкраплениями [6].

Сторона тела, на которой находятся глаза, покрыта маленькими костными заострёнными бугорками, изредка они могут встречаться и на другой стороне. Передняя часть головы сравнительно короткая, чуть длиннее диаметра глаза. Тюрбо относится к синистральным камбалам, соответственно её глаза расположены на левой стороне, расставлены широко. Рот большой, конечный, значительно скошен, нижняя челюсть слегка выдвинута вперёд. Зубы мелкие, остроконечные, в несколько рядов, присутствуют также на сошнике.

Боковая линия круто изгибается над грудным плавником. Спинной и анальный плавники не соединены с хвостовым, их лучи в средней части немного длиннее крайних. Лучи грудного плавника на глазной стороне

длиннее, чем на слепой. Основания брюшных плавников равны по длине. Хвостовой плавник округлый.

Плавниковая формула камбалы-тюрбо: D (спинной плавник) 57–80; А (анальный плавник) 42–58; Р (грудной плавник, глазная сторона) 11–12; жаберных тычинок 10–12, позвонков 30–31 [29].

3.3 Жизненный цикл и размножение

Тюрбо демонстрирует половой диморфизм, самки в значительной степени перерастают самцов (таблица 2).

Таблица 2

Темп роста тюрбо Балтийского моря (средний, см) [29]

Возраст, годы	1	2	3	4	5
Самцы/самки	20,2/20,2	24,0/26,7	31,5/35,7	37,8/42,9	41,9/45

Самцы тюрбо созревают в возрасте 2–3 лет, а самки — в возрасте 3–4 лет. Максимальный возраст половозрелых особей составляет 14–15 лет. Периоды нереста в разных популяциях различаются. Нерест средиземноморского тюрбо происходит в феврале–апреле, в южной Атлантике — в мае–июле. В Балтийском море с апреля по август, как и в Северном море [29, 44].

Перед нерестом рыбы держатся в тёплых водах побережья, где окончательно дозревают половые продукты. Затем самка в окружении нескольких самцов уплывает от берега, где происходит нерест над глубинами до 90 м. Плодовитость камбалы-тюрбо в Балтийском море несколько выше, чем в бассейнах Северного моря, Чёрного моря (родственный тюрбо черноморский калкан) и морей Атлантического океана.

Одна самка может выметать от 70 тыс. до 5 млн икринок, количество зависит от её возраста и морфометрических характеристик. Абсолютная плодовитость особи тюрбо (длина 27–45 см) в начале нереста колеблется от 70 тыс. до 470 тыс. икринок, плодовитость тюрбо длиной 35 см составляет

1,2 млн икринок. Относительная плодовитость — 250 000–980 000 шт/кг. Каждая самка может нереститься несколько раз, до 12 нерестов за сезон (от 7 до 8 недель) с интервалом от 3 до 6 дней. Икра шарообразная, диаметром $1,1 \pm 0,5$ мм и жировой каплей 0,2 мм. Икра камбалообразных обычно пелагическая, но в результате адаптации балтийского тюрко к условиям пониженной солёности моря его икра стала донной [30, 46].

Эмбриогенез камбалы-тюрко подразделяется на этапы дробления, гастрюляции, нейруляции, органогенеза. Правильное соотношение белков, липидов и углеводов необходимо для правильного развития икры тюрко. Углеводный обмен играет роль в начале эмбриогенеза. В период органогенеза особенно важен липидный обмен, липиды нужны для производства энергии в процессе метаболизма и движения зародыша.

По данным эксперимента искусственного выращивания балтийского тюрко в Калининградской области дробление завершилось через 7–8 часов после оплодотворения, период зависит от температуры и солёности воды. Гастрюляция — через 30–40 часов, нейруляция — через 50–60 часов после оплодотворения. При температуре $13,5^{\circ}\text{C}$ и солёности 15‰ вылупление (50%) личинок у балтийского тюрко зафиксировано на 5 сутки (125 ч), 100% вылупление на 6 сутки (136, 5 ч) [31].

После вылупления предличинки симметричны, имеют длину 2,2–2,8 мм. Желточный мешок, занимающий половину длины тела, и жировая капля обеспечивают положительную плавучесть. Свободные эмбрионы держатся у поверхности воды, брюшной стороной кверху. На вторые сутки желточный мешок сокращается в размерах, округляется, плавучесть становится отрицательной, предличинки погружаются чуть глубже. К концу третьих суток повышается активность, начинают формироваться органы зрения.

В возрасте четырёх суток глаза пигментируются, появляется реакция на свет и на пищевые объекты. К началу перехода на активное питание у личинки должен заполниться плавательный пузырь, сформироваться

пищеварительная система. Мешок полностью резорбируется в возрасте пяти суток при длине личинки 3,4–3,8 мм (рис. 12).

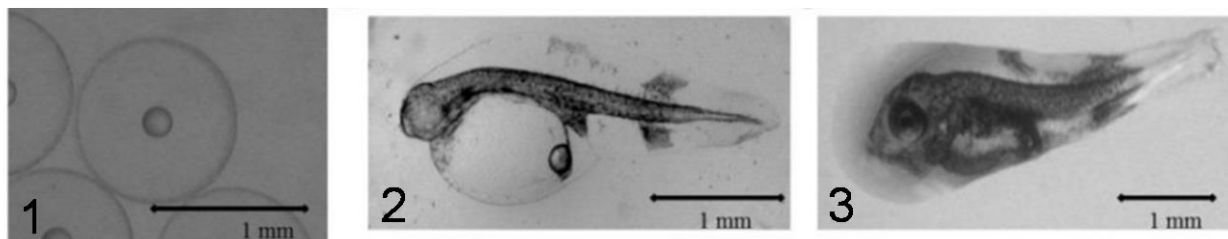


Рис. 12. Стадии развития тюрбо *Scophthalmus maximus* (1–икринка тюрбо, длина 1,06 мм, жировая капля 0,18 мм; 2–предличинка тюрбо после вылупления, длина 2,7 мм, жировая капля 0,16 мм, диаметр желточного мешка 0,36 мм; 3–личинка 7 суток, длина 3,5 мм) [51].

Следующая стадия развития (длина 4,8–5,6 мм) характеризуется появлением брюшных плавников и прямой хорды. Наиболее заметные морфологические изменения возникают, когда личинки достигают длины более 10 мм (рис. 13) [51].

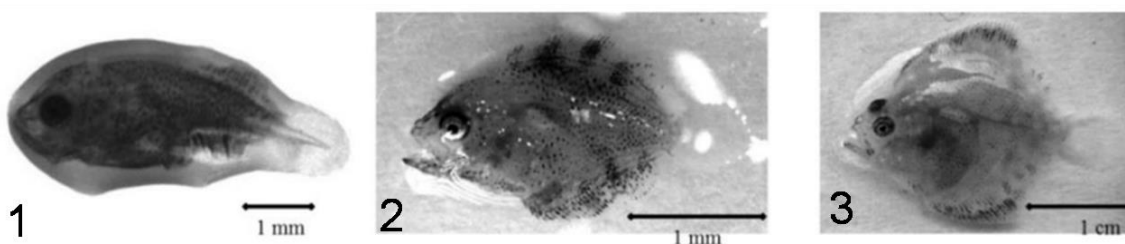


Рис. 13. Стадии развития тюрбо *Scophthalmus maximus* (1–личинка 14 суток, длина 4,7 мм; 2–личинка 21 суток, длина 6,6 мм; 3–малёк 35 суток, длина 18,2 мм) [51].

На 20 сутки начинается миграция глаза и это является первым признаком метаморфоза. Метаморфоз — преобразование систем организма в ходе онтогенеза. У камбалообразных он выражен в появлении асимметричной пигментации и миграции правого глаза на левую сторону (рис. 14). После видоизменения у тюрбо образуется две разные стороны тела: окулярная пигментированная и слепая, лишённая пигмента. К началу малькового периода челюсти рыбы становятся асимметричными, череп и зубы костенеют. Плавательный пузырь редуцируется, это способствует переходу на донный образ жизни. Камбалы плавают на боку, иногда погружаясь на грунт [51].

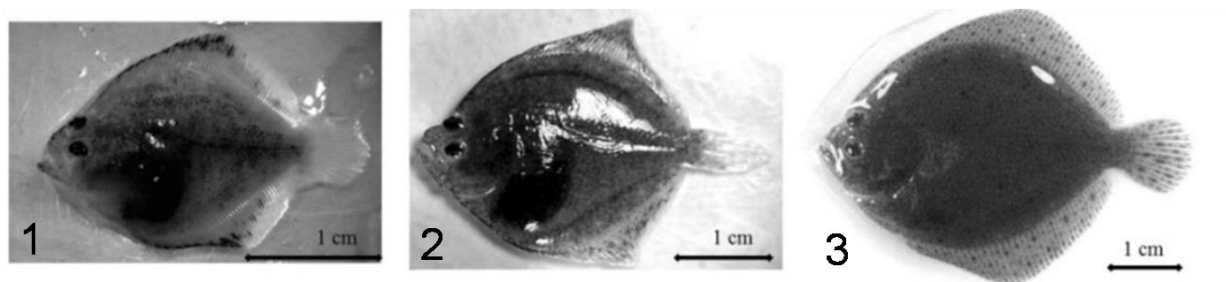


Рис. 14. Стадии развития тюрбо *Scophthalmus maximus* (1–малёк 42 суток, длина 24,2 мм; 2–малёк 56 суток, длина 35,5 мм; 3–тюрбо, полностью прошедший метаморфоз ~70 суток, длина 52,2 мм) [51].

Постепенно мальки увеличивают время нахождения на дне, лишь периодически поднимаясь к поверхности за пищей. Специфика камбалообразных в том, что они на всех этапах развития должны питаться только живыми организмами.

Метаморфоз зависит от температуры и пищевого рациона, завершается полностью в течение малькового периода в возрасте от 70 до 85 суток. Рисунок 15 отображает процесс перехода тюрбо от фазы пелагической личинки к фазе демерсального малька [37].

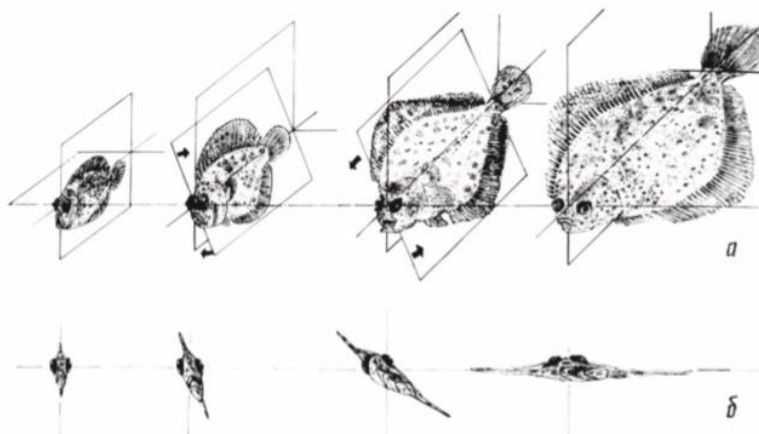


Рис. 15. Метаморфоз камбалообразных: а) миграция правого глаза и уплощение тела; б) изменение угла наклона оси тела при плавании [37].

3.4 Ранние, критические стадии развития

Есть ряд критических периодов в развитии тюрбо, в это время очень высоки риски гибели. В результате эксперимента по искусственному воспроизводству камбалы-тюрбо в Калининградской области наибольший

процент гибели был отмечен на 7-е (47%) и на 18-е сутки (75%) после вылупления [31].

1) Возраст до 10 суток после вылупления: фаза истощения желточного запаса, переход от эндогенных к экзогенным источникам питательных веществ. Предличинка ещё в стадии «примитивного плавания», но использует свою повышенную способность к всасыванию планктона.

Вероятность летального исхода может быть обусловлена:

- проблемами с заполнением плавательного пузыря, которые не дают личинке находиться в слоях обитания её пищевой базы;
- недоразвитием элементов ротовой полости и структур пищеварительной системы;
- несвоевременным обеспечением личинок живыми пищевыми объектами с подходящими размерными и биохимическими параметрами;
- нарушениями технологии и санитарных условий содержания (бактериальные загрязнения бассейнов, ухудшение гидрохимических условий) [23].

2) Возраст до 20 суток после вылупления: фаза трансформации от примитивных режимов плавания и питания к стабильным, более функциональным. Эндогенный запас исчерпан, возникает потребность в экзогенных источниках питания. Следовательно, личинки должны получать достаточное количество пищи не только для поддержания основного обмена веществ, но и для увеличения размеров тела и должного развития [40].

В заводских условиях в период метаморфоза у камбалы-тюрко встречаются следующие аномалии: нарушение миграции глаза, пигментации, патологии осевого скелета (см. Прил. Рис. 2, 3). Эти дефекты могут развиваться от нарушения метаболизма, особенно при отсутствии в питании рыбы высоконенасыщенных жирных кислот.

3.5 Заболевания тюрбо и их профилактика

Представители *Scophthalmus maximus*, выращиваемые в искусственных условиях, чаще подвержены болезням, чем камбалы в естественной среде.

Заболевания рыб по этиологическим признакам распределяются на заразные и незаразные. Заразные болезни включают в себя инфекционные (возбудители — бактерия, грибок, вирус и т. п.) и инвазионные (возбудители — простейшие, гельминты, ракообразные). Незаразные болезни не имеют возбудителя, а связаны с воздействием факторов окружающей среды [1].

1. Инфекционные заболевания камбалы-тюрбо

а) Вирусные болезни представляют наибольшую угрозу для устойчивого роста аквакультуры.

- Вирусная энцефалопатия и ретинопатия (VER, Viral Encephalopathy and Retinopathy) отмечается у двух десятков видов культивируемых рыб. Есть данные о вспышке инфекции и гибели камбалы-тюрбо на шотландских и норвежских рыбных фермах. Возбудитель — нодавирус из семейства РНК-вирусов *Nodaviridae*. Особенно опасен для личинок и молоди тюрбо. Больная рыба отличается изменённым цветом кожи и радужки глаз, отказывается от корма, лежит на дне с приподнятой головой и хвостом. Гибель может достигать до половины численности особей. Температура воды в бассейнах может влиять на течение VER, атлантический тюрбо инфицируется при 6°C [8].

- Вирусная геморрагическая септицемия (VHS, Viral Hemorrhagic Septicemia) — изначально классифицировалось как высококонтагиозное заболевание рыб семейства лососёвых. Возбудитель — рабдовирус из рода *Novirhabdovirus*. В последние десятилетия вирус VHS был выявлен не только у лососеобразных, но и у пяти десятков видов (главным образом, морских), в том числе у камбалообразных. Инфицированные рыбы зафиксированы на севере Атлантики, в Балтийском и Северном морях. Морские фермы Франции, Германии, Шотландии, занимающиеся культивированием

атлантического тюрбо, регистрировали массовую гибель особей разного возраста. Симптомы: потемнение тела, вялость, краснота возле оснований плавников, кровоизлияния на жабрах, пучеглазие, вздутие брюшка (см. Прил. Рис. 4) [18].

- Иридовирус красноватого тела тюрбо (TRBIV, Turbot Reddish Body Iridovirus) — вирус, который поражает рыб, культивируемых в Южной Корее и Китае, и вызывает высокую смертность. Возбудитель — представитель рода *Megalocytivirus* семейства *Iridoviridae*.

Неясно, является ли вирус эндемичным или завезённым из Франции при импорте икры тюрбо. Но об этом заболевании не сообщалось в Европе, включая Францию, что позволяет предположить, что заражение произошло в Корее, так как там обнаружены аналогичные вирусы. Симптомы: побледнение покровов, жабр, печени, вздутое брюшко, выпученные глаза, увеличенная селезёнка и почки (см. Прил. Рис. 5) [39].

Методы лечения вирусных заболеваний рыб не выработаны, следовательно, эффективные способы борьбы с этими инфекциями — внимательное тестирование диких производителей или ввозимых мальков тюрбо, соблюдение санитарных требований, применение противовирусных средств дезинфекции. Также можно успешно применять вакцинирование. Например, разработанная вакцина от иридовируса защищает тюрбо от гибели с коэффициентом иммунопротекции 83,3% в лабораторных условиях и 90,5% в рыбоводных хозяйствах [47].

б) Бактериальные инфекции представляют не меньшую опасность для вида *Scophthalmus maximus*. Личинки тюрбо восприимчивы к воздействию бактерий, так как в период развития до месяца они не имеют иммунных тел для защиты от патогенов. Основные заболевания, вызванные бактериями — флексибактериоз, фурункулёз, стрептококкоз, вибриоз (см. Прил. Таб. 1).

2. Инвазионные заболевания камбалы-тюрбо

Практически все инвазионные заболевания *Scophthalmus maximus* вызваны паразитическими простейшими. Опасны амёбная болезнь жабр,

триходиниаз, скутикоцилиатоз, микроспоридиоз, миксоспоридиоз (см. Прил. Таб. 2).

3. Незаразные заболевания камбалы-тюрбо

Что касается незаразных заболеваний, то следует описать газопузырьковую болезнь рыб, чаще всего угрожающую здоровью объектам ихтиофауны. Недуг поражает как диких, так и выращиваемых на рыбоводных предприятиях рыб. Причиной возникновения болезни служит избыток растворённых газов в воде, по большей мере азота, также кислорода, углекислого газа. От этого чаще всего страдают молодые рыбы. Повышение температуры воды, её качество, насыщенность азотом, попадание воздуха в водозаборные сооружения — главные факторы появления заболевания в искусственных условиях.

Симптоматика: при нахождении рыбы в воде, перенасыщенной азотом, у неё в тканях накапливается избыточный азот в виде пузырьков. Пузырьки могут быть в глазах, под кожей, между лучами плавников, во внутренних органах. Личинки тюрбо при заболевании поворачиваются на бок или брюшком вверх. Наблюдается бледность пигментации тела, возможна гибель. Профилактика газопузырьковой болезни включает измерение общей насыщенности воды газами, аэрация воды, контроль водоподдачи [8, 23].

Большинство заболеваний камбалы-тюрбо отмечены в рыбоводных хозяйствах, в естественных популяциях встречаются немногие заболевания или паразиты. При промысле тюрбо имеют значение бактериальные болезни, сопровождаемые повреждением мускулатуры и наружных покровов, к примеру, вибриоз [1].

Высокая плотность посадки тюрбо в рыбоводных хозяйствах опасна и способствует вспышке заболеваний, потому что у рода *Scophthalmus* слабая иммунная система. Профилактическое применение антибиотиков может привести к накоплению канцерогенов в мясе рыб. В крупных европейских питомниках по выращиванию тюрбо применение антибиотиков не проводится, контроль и поддержание качества воды и низкая плотность

посадки помогают избежать вспышек инфекций. Важны сбалансированные корма. Эффективны по сравнению с влажным кормом сухие гранулы LARVIVA и INICIO Plus с включением пробиотика для устойчивости к инфекциям [37].

Во время проведения экспериментального выращивания камбалы-тюрбо в Калининградской области в 2018 году была отмечена низкая выживаемость из-за микробной инфекции. Антибиотические препараты не применялись, использовались другие виды микроводорослей по сравнению с 2010 годом, когда выживаемость была на уровне 40% [30].

4. БИОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЮРБО *SCOPHTHALMUS* *MAXIMUS*

4.1 Индустриальная аквакультура тюрбо: от экспериментов к передовым технологиям

Биотехника выращивания камбалы-тюрбо прошла путь от первых попыток культивирования до гиперинтенсивной индустриальной технологии. Первый удачный опыт искусственного оплодотворения икры атлантического тюрбо был зафиксирован в 1892 г. в Шотландии. Во Франции в 1898 г. успешно осуществили инкубацию камбалы в 50-литровых ёмкостях с постоянной аэрацией. Здесь же в 1907 г. произвели перевод личинок тюрбо на экзогенное питание планктонными организмами и вырастили до начала метаморфоза.

Проблема состояла в том, что в искусственной среде личинки не могли проходить полный этап видоизменения. Производство достаточного объёма первосортных живых кормов стало ключевой преградой для индустриального культивирования камбалы-тюрбо, которое в полной мере стало осуществляться только в 1960-х гг. в Великобритании.

Впервые метаморфизированные мальки были получены в британской лаборатории рыбоводства в 1972 г. В ходе эксперимента был установлен факт повышения выживаемости личинок *Scophthalmus maximus* при внесении конкретных видов микроводорослей вместе с артемиями и коловратками в выростные бассейны. С этого времени началось промышленное производство атлантического тюрбо в европейских странах (Великобритания, Испания, Норвегия, Германия, Дания, Франция), вид был интродуцирован в Чили, затем в Китае.

Несмотря на то, что по объёму производства среди всех аквакультурных видов рыб *Scophthalmus maximus* занимает 95 место, производство вида с 1997 по 2018 г. выросло с 3,3 до 58,8 тыс. т на сумму 310 млн евро. Средняя цена тюрбо составляет 9,5 евро/кг. В последние годы

объём промышленной продукции снижается. По данным ФАО, в Китае наблюдается очень высокий уровень производства тюрбо (65000 т в 2021 году), за 25 лет Китай стал лидером в производстве тюрбо (более 85% мировой продукции) (рис. 16) [38].

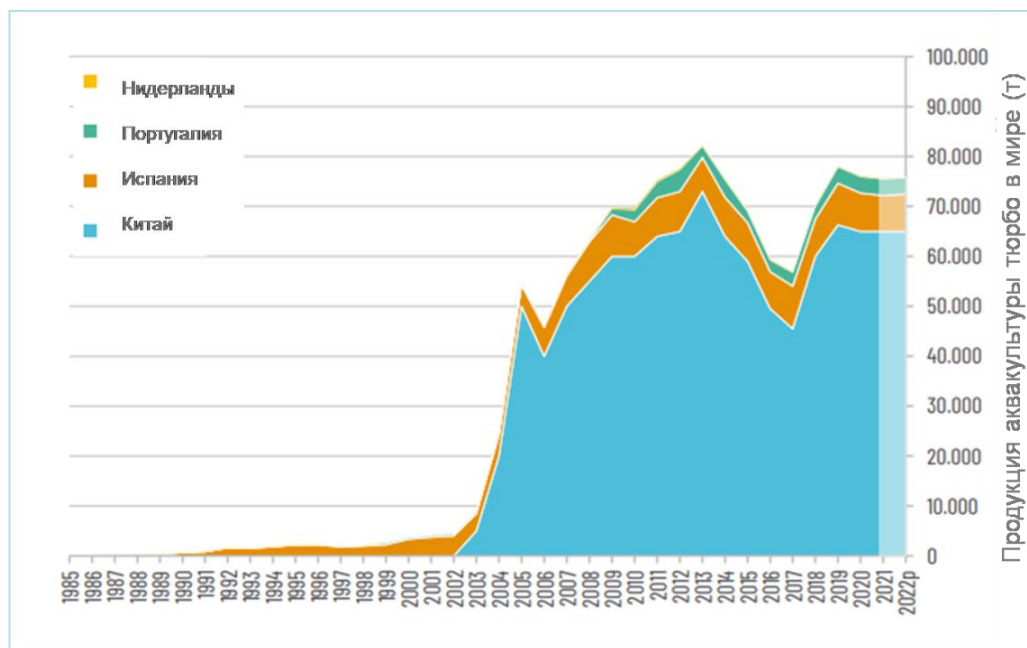


Рис. 16. Динамика производства тюрбо в мировой аквакультуре за период 1985–2021 гг. [38].

На сегодняшний день Испания перехватила лидирующие позиции в Европе в области культивирования камбалы-тюрбо. В 2000 году запатентована комплексная вакцина для тюрбо, через семь лет получена регистрация первой вакцины против паразитарных инфекций. Испанским исследователям в 2014 году удалось раскодировать полный геном вида *S. maximus*, состоящим из более 20 тысяч генов.

Стремительному развитию аквакультуры тюрбо как в Европе, так и в Азии способствовали значительные финансовые инвестиции государственных и частных структур в развитие научных исследований и инновационных проектов культивирования. Были созданы и отработаны на практике научно-технологические разработки для каждого этапа выращивания *Scophthalmus maximus* (рис. 17) [37].

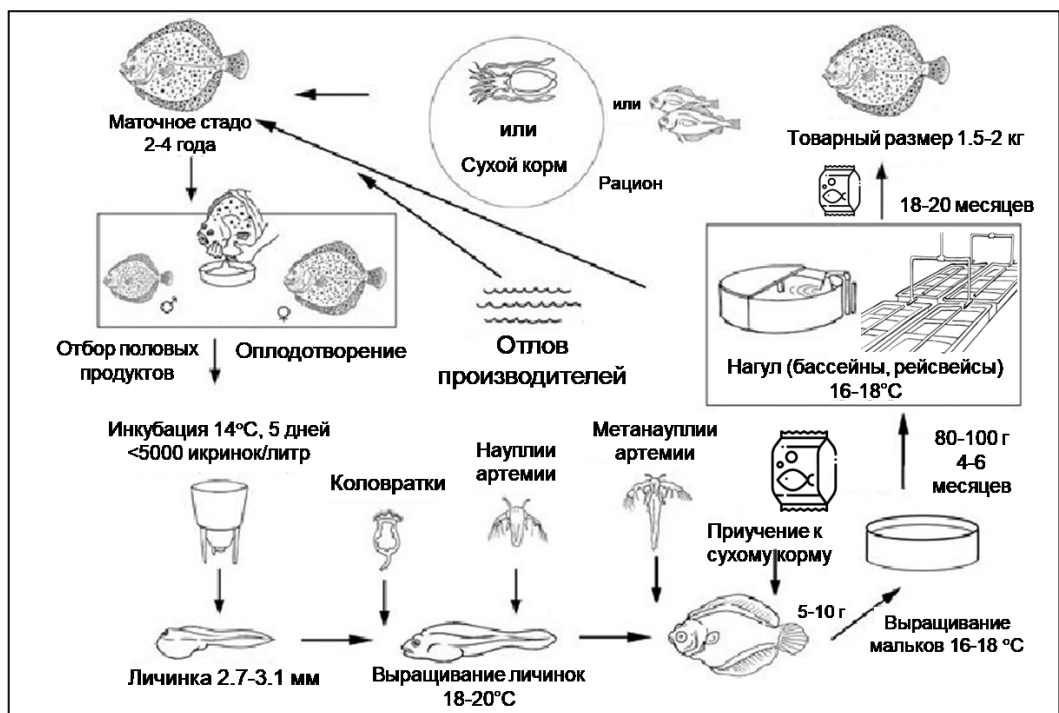


Рис. 17. Производственный цикл выращивания камбалы-тюрбо *Scophthalmus maximus* [41].

Следует выделить эффективные положительные стороны некоторых этапов:

- переход от отлова производителей в дикой природе к созданию маточных стад. Стимуляция нереста гормональными средствами не используется, предпочтителен экологический метод (регуляция естественных режимов освещения и температуры);
- выращивание личинок осуществляется в условиях строгой гигиены в УЗВ (установка замкнутого водоснабжения) (RAS, Recirculating Aquaculture System);
- компьютерные системы контролируют основные процессы выращивания (кормление, очистка воды и др.);
- для выращивания микроводорослей и кормовых организмов используют проточные системы культивирования;
- не используются антибиотические средства в целях профилактики, обязательна вакцинация рыб против вибриоза и фурункулёза;

- после прохождения метаморфоза тюрбо пересаживают либо в бассейны, либо в систему рейсвейсов (см. Прил. Рис. 9) — длинных узких бассейнов с низким уровнем воды от 4 см — при плотной посадке (в среднем 60–80 кг/м²), регулировке забора воды, самоочищении, отсутствии струйных течений. Вода циркулируется, обеспечивая нужный уровень кислорода и удаляя отходы [48].

В качестве корма используют плавучие гранулы, так как уровень воды невысок, пища находится в поле зрения любой рыбы, даже лежащей на дне. Живые пищевые объекты, применяемые при выращивании мальков, также медленно дрейфуют, и рыба может их схватывать. Система рециркуляционных систем в сочетании с рейсвейсами экономит площадь, водные ресурсы, рабочую силу [45].

Во всём мире 92,4% тюрбо производится в аквакультуре (75 651 т в 2021 году), остальная часть приходится на рыбный промысел (6 963 т) (рис. 18). Основные страны-производители аквакультурной продукции тюрбо *Scophthalmus maximus* в Европе (на 2021 год): Испания — 7629 т (68,8% от общего европейского объёма), Португалия — 3300 т (29,8 %), Франция — 100 т (0,9%) [38].

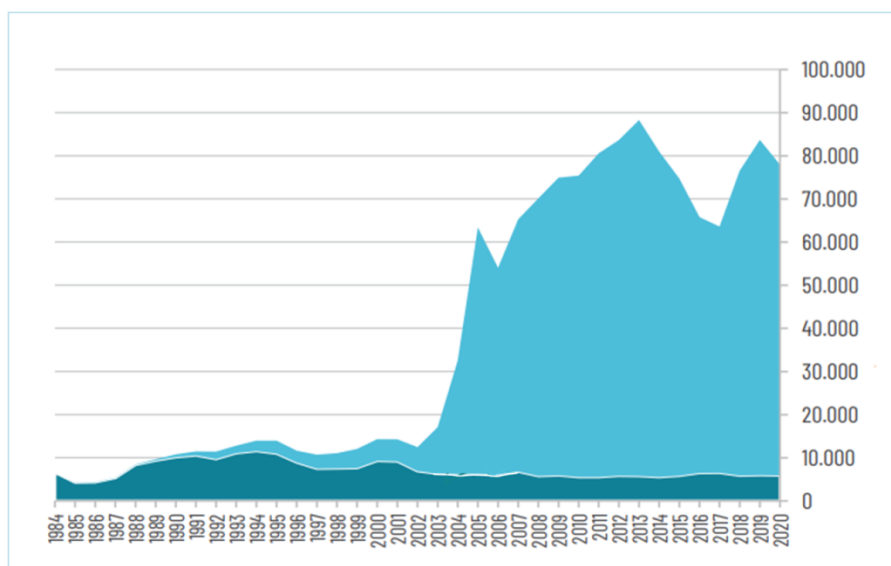


Рис. 18. Динамика мирового производства (т) тюрбо в секторе рыболовства (синий сектор) и аквакультуры (голубой сектор) в период 1985-2020 гг. [38].

Несмотря на то, что тюрбо успешно культивировался европейскими компаниями, в России этот вид не вызывал должного интереса до 1990–х годов. Первые российские попытки воспроизводства балтийского тюрбо начались с 1995 г. на научно-производственной базе АтлантНИРО в Калининградской области. В течение 25 лет специалисты провели ряд экспериментов по отработке технологии получения посадочного материала камбалы-тюрбо. Итоговые показатели опытов доказали осуществимость разведения личинок *Scophthalmus maximus* в установках замкнутого водоснабжения. По результатам работ были усовершенствованы биотехнические нормативы выращивания объекта [31].

4.2 Биотехника выращивания личинок тюрбо *Scophthalmus maximus* на базе экспериментального рыбоводного цеха «АтлантНИРО»

Технология получения посадочного материала камбалы-тюрбо в целях искусственного выращивания была отработана в экспериментальном рыбоводном цехе «АтлантНИРО». Цех расположен в 1,5 км от посёлка Лесной Калининградской области, в 70 м от берега Куршского залива. Здание 2–этажное, общая площадь 690,8 м². На 1 этаже находятся инкубационное, личиночное, мальковые отделения цеха, отделение живых кормов, склад кормов, котельная, кислородная станция (см. Прил. Рис. 6). На 2 этаже — лаборатория, склад рыбоводного оборудования, помещения административного и хозяйственно-бытового назначения, медпункт.

Инкубационное отделение имеет обратную систему водоснабжения, которая оснащена бактериологической системой очистки. Личиночное и мальковое отделения имеют установки замкнутого водоснабжения, личиночное оснащено биологической и бактериологической системой очистки, мальковое — механической и биологической.

Водоснабжение из двух артезианских скважин. Скважина глубиной 69 метров имеет эксплуатационный дебет до 10 м³/ч, скважина глубиной 73

метра — до 5 м³/ч. Схема работы — одна скважина в работе, одна в резерве. Разрешённый максимальный водоотбор составляет 96,6 м³/сут [26].

В 2019 году на базе цеха продолжилась отработка технологических процессов выращивания тюрбо, были подготовлены установки для выдерживания производителей, инкубационные установки, бассейны для выращивания личинок (см. Прил. Рис. 8).

Технологические процессы:

1) Отлов производителей

На этом этапе применялось следующее оборудование: рыболовецкое судно ТБ «НОРД-1», моторная лодка «Stingrey MA-450», донная ставная сеть с шагом ячеи 90–120 мм, полиэтиленовые пакеты для транспортировки рыб.

Отлов производителей эффективнее осуществлять в начале июня. В этот период половозрелые особи тюрбо собираются на естественных нерестилищах в морской прибрежной зоне Куршской косы. Донные сети устанавливаются на ночь на глубине четырёх метров и на расстоянии от берега 80–100 м, через 12 часов производится выборка рыбы. Самки менее 35 см, самцы менее 20 см отбраковываются. Соотношение полов при отлове 1:2, 1:3.

Далее производители помещаются в пакеты со свежей морской водой и в течение короткого времени транспортируются в подготовленную установку для выдерживания. На этом этапе необходимо провести осмотр особей, выявить производителей с явно выраженными вторичными признаками созревания (у самок — хорошо выраженное мягкое брюшко, выделение единичных зрелых икринок), остальных отсадить в бассейны для дозревания [13, 31].

2) Выдерживание производителей и получение половых продуктов

Установка для выдерживания производителей работает по принципу замкнутого водоснабжения, состоит из четырёх рыбоводных бассейнов шведского типа объёмом 0,5 м³, остальное оборудование описано в таблице 3. Общий объём воды в установке — 2,5 м³.

Перечень оборудования для рыбоводной установки [31].

Тип оборудования	Название, страна производитель	Назначение	Параметры
Насос	Espa PISCIS2 M, Испания	Циркуляция воды в бассейнах	Производительность 7 м ³ /ч
Ультрафиолетовый стерилизатор	Vecton-6: V2 600, Англия	Очистка воды	До 600 л
Натрубные фильтры (3 шт.)	Aquafilter FHPR34-B1-AQ, Польша	Очистка воды	Картриджи 20 мкм, 10 мкм, угольной очистки
Охладитель-нагреватель (чиллер)	Hailea HC- 2200BH, Китай	Поддержание оптимальных температурных условий	Производительность 3,5 м ³ /ч
Вихревой компрессор	-	Аэрация воды	-

В момент выдерживания производителей тюрбо размещают отдельно по полу. Плотность посадки — 15–20 шт/м³.

У самок камбалы-тюрбо применяют два метода стимуляции созревания половых продуктов. Если в 2018 г. при таком же эксперименте был применён экологический метод стимуляции, то в 2019 г. использовали физиологический метод, отработанный в 2010 г., а именно внутримышечное инъекционное введение. Суспензию гипофиза сазана (5 мг/кг массы тела) вводили самкам с явными вторичными признаками созревания. С помощью этого метода удалось получить 35% созревших самок [31, 35].

Оплодотворение осуществляется полусухим способом. Икру получают методом сцеживания, половые продукты самцов — посредством вскрытия. Извлечённые семенники мелко нарезаются и через марлю сцеживаются в ёмкость со стерильной морской водой. Полученную суспензию перемешивают с икрой, промывают и закладывают на инкубацию.

3) Инкубация икры

Инкубационные процессы осуществляются в проточной воде. Инкубационная установка состоит из двух бассейнов шведского типа (0,5 м³), приёмной ёмкости (0,2 м³), инкубационных аппаратов (4×20 л) (рис 19).

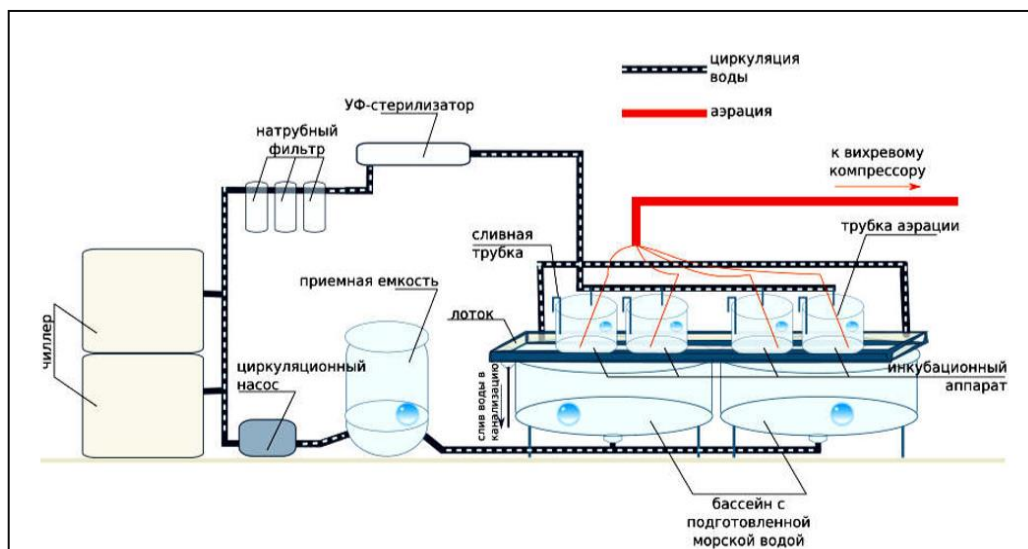


Рис. 19. Схема установки для инкубации икры камбалы-тюрбо [31].

Морская вода из приёмной ёмкости с помощью циркуляционного насоса проходит через чиллеры, где нагревается или охлаждается в зависимости от требуемой температуры. Вода фильтруется, очищается ультрафиолетовым облучением, затем подаётся в бассейны и к инкубационным аппаратам. По сливным трубкам из аппаратов вода поступает в лоток, далее отводится в канализацию. Аэрируется вихревым компрессором.

Солёность применяемой воды для положительной плавучести икринок должна быть в пределах 13–15 ‰, температура воды — 13–14°C, освещённость помещения — 30 лк. Для повышения естественной солёности применяют синтетическую соль. Как правило, при температуре 13°C вылупление предличинок камбалы-тюрбо в искусственных условиях наступает на 150–155 ч после оплодотворения.

4) Выдерживание предличинок и выращивание личинок

Выдерживание предличинок в течение двух суток проводят в конусообразных бассейнах объёмом 200 л, выращивание личинок (до 60

суток) — в бассейнах с плоским дном, объёмом 300 л. Важна аэрация и освещённость бассейнов. В течение всего периода выращивания необходимо постоянно контролировать и поддерживать установленные значения абиотических факторов.

Оптимальные параметры для личинок в искусственных условиях:

- 1) температура воды: 18–22°C;
- 2) кислород: 8,0–10,0 мг/л;
- 3) солёность: 15–16 ‰;
- 4) pH: 7,6–8,8;
- 5) gH: 8–16.

Применяется технология с добавлением микроводорослей в качестве среды выращивания (технология «зелёной воды»). На развитие личинок рода *Scophthalmus* крайне благоприятно влияет внесение в рыбоводные установки морских микроводорослей, таких как *Nannochloropsis oculata*, *Dunaliella salina*, *Monochrysis lutheri*. Суспензия микроводорослей вносится в выростные ёмкости за двое суток до вылупления предличинок.

Выращивание микроводорослей проводится в сосудах (0,5–5 л), которые аэрируются и освещаются лампами дневного света круглосуточно (рис. 20). Освещение 3000 лк. Температура в помещении для выращивания должна поддерживаться на уровне 23–24°C. Наличие микроводорослей также снижает аккумуляцию в воде аммиака и других токсичных веществ для тюрбо, компенсируя отсутствие проточности в бассейне [13, 31].



Рис. 20. Емкости для культивирования микроводорослей [33].

В процессе эволюции камбалообразные адаптировались к донному образу жизни и пониженным температурам. В таких условиях личинки рода *Scophthalmus* испытывают высокую потребность в полиненасыщенных жирных кислотах, которые содержатся в липидной фракции кормовых организмов — коловраток *Brachionus plicatilis*, артемий *Artemia salina* (см. Прил. Рис. 7) [32].

Пропорция жирных кислот в пище важна для успешного метаморфоза, формирования зрительной и нервной систем, нормальной пигментации тюрбо. Однако коловратки и артемии, которые используются при интенсивном выращивании, бедны жирными кислотами, особенно докозагексаеновой (ДГК) кислотой, поэтому их следует насыщать микроводорослями. Добавление суспензии микроводорослей *N. oculata* и др. в выростные системы улучшает аминокислотный состав *B. plicatilis*, повышает в коловратке содержание белков и необходимой для личинок тюрбо ДГК. С использованием техники добавления микроводорослей в выростную среду отмечен факт повышения выживаемости личинок тюрбо в первые 20 суток (более чем на 30 %) по сравнению с условиями выращивания без применения микроводорослей [36].

В силу того, что камбала-тюрбо является хищником, пищевой рацион растущей особи должен состоять из живых кормов. На вторые сутки после вылупления предличинкам в бассейн добавляют коловраток. Впоследствии в рационе уменьшается процентное содержание коловраток и повышается концентрация науплий и метанауплий. Рекомендации по сроку начала корма науплиями разнятся (от 8 до 13 суток после выклева), это связано с тем, что биохимический состав *A. salina* ещё не соответствует способностям пищеварения тюрбо на этапе ранней личинки.

В рацион тюрбо вводят обогащённых метанауплий, в корме которых используется витаминизированный рыбный фарш. Одновременно с метанауплиями тюрбо переводят на кормление искусственным кормом с высоким содержанием сырого протеина. Надо учитывать, что представители

рода *Scophthalmus* в возрасте до одного месяца не могут в полной мере переваривать инертный корм, поэтому введение искусственного корма можно начинать на 30–40 сутки [31].

Подробные данные об условиях выращивания личинок *Scophthalmus maximus* представлены в таблице 4.

Таблица 4

Условия выращивания личинок камбалы-тюрьбо [31].

	0–20 сутки	20–40 сутки	40–60 сутки
Рыбоводная ёмкость	Бассейн, сужающийся к основанию (высота 100 см, объём 200 л)	Круглый бассейн с плоским дном (высота 20 см, объём 200 л)	Прямоугольный лоток с плоским дном (высота 20 см, объём 300 л)
Плотность посадки	25 тыс. шт/м ³	20 тыс. шт/м ³	10 тыс. шт/м ³
Среда выращивания (микроводоросль)	0–50 сутки — <i>Nannochloropsis oculata</i> , <i>Dunaliella salina</i>		
Схема кормления			
Живые корма, средняя концентрация шт/мл	2–20 сутки	8–35 сутки	30–45 сутки
	Коловратки <i>Brachionus plicatilis</i> , 1–3	Науплии <i>Artemia salina</i> , 0,3–3	Метанауплии <i>Artemia salina</i> , 0,3–3
Стартовый корм	–	30–40 сутки	40–60 сутки
	–	Крупка (диаметр 0,2–0,4 мм)	Крупка (диаметр 0,4–0,6 мм)

5) Стадия метаморфоза

К концу первого месяца после выклева у личинок начинается миграция глаза, они постепенно переходят к придонному образу жизни. Для создания условий максимально приближенных к естественным, на дно рыбоводных бассейнов насыпают слой песка. Всё также должны контролироваться значения абиотических факторов (содержание O₂, растворённого в воде, температура воды), регулярно измеряться длина и масса личинок, отслеживаться процессы видоизменения.

К окончанию метаморфоза рыба должна залечь на дно, а не находиться в постоянном движении. Потребление живых кормов сводится к минимуму, на 45–50 сутки личинки тюрбо активно питаются микрогранулами. Корм подаётся вручную через каждые пять часов. Остатки собираются сифоном через 30 минут после кормления.

По прошествии 40 суток после вылупления уровень численности молоди стабилизируется, выживаемость в среднем 10% от заложенной икры. Этот процент считается удовлетворительным при воспроизводстве вида *Scophthalmus maximus* [31].

4.3 Интенсивная биотехника выращивания родственного вида *Scophthalmus maeoticus* с подготовкой к выпуску в места естественного обитания

Интенсивная технология выращивания молоди черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus* [24] разработана специалистами Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН». Биотехника предназначена для использования на рыбоводных предприятиях, выращивающих молодь *Scophthalmus* в целях зарыбления морской акватории или товарного производства. Учитывая то, что камбала-тюрбо конспецифична черноморскому калкану, технологические процессы их выращивания практически не будут отличаться.

За двое суток до посадки предличинок в выростные бассейны морская вода для них фильтруется и стерилизуется, в это же время добавляют микроводоросли. Благодаря постоянной аэрации бассейна вода с внесённой микроводорослевой культурой созревает, увеличивая рост пробиотической микрофлоры. Без такой процедуры личинкам в первые семь суток, когда формируется пищеварительная система, угрожают бактериальные инфекции.

Начальный корм — за 12 часов до перехода личинок на экзогенное питание в воду вносят капельную смесь насыщенных коловраток (2 шт/мл), повышая концентрацию до 4 шт/мл к 6 суткам жизни личинок. В этот период

два раза в день необходима чистка дна выростных ёмкостей. Микроводоросли вносят после чистки.

Личинки при начальной плотности посадки 20 шт/л за сутки съедают не более 10 коловраток (плотность — 2000 шт/л), которые быстро размножаются и способствуют образованию микробиальной плёнки на поверхности воды. Она мешает тюрбо наполнять плавательный пузырь. Для уничтожения поверхностной плёнки в бассейны вносят науплии копепод, которые её поедают. Проточность воды вначале слабая, затем её увеличивают.

На 12 сутки в корм вносят артемий параллельно с коловратками и с 14-суточного возраста переводят на кормление метанауплиями артемий. Кроме этих пищевых организмов с 18 суток личинки получают один раз в два дня копеподы (0,1 шт/мл). Смесь копепод и метанауплиев артемий эффективна для повышения иммунитета и правильного метаморфоза. Специалисты проанализировали процент выживаемости личинок тюрбо из одной партии икры. Группа, питавшаяся копеподами *E. affinis*, показала 93% выживаемости с 11 по 21 сутки в отличие от личинок, потребляющих науплии артемии (73%).

На 25 сутки личинки помещаются из конических в плоскодонные бассейны, ещё через 10 дней дают инертный корм, к 45-суточному возрасту тюрбо полностью переходят на искусственный корм. Для правильной пигментации прикорм копеподами продолжается. С 30 суток особей делят по группам медленно растущих и быстро растущих, чтобы выровнять скорость роста и предотвратить поедание друг друга. До подготовки к выпуску мальков камбалы (3–4 мес.) доращивают до размера от 3 до 5 см [24].

Адаптация выпускаемых мальков необходима по той причине, что у них (выращенных в пластиковых выростных ёмкостях без субстрата и питающихся пассивным зоопланктоном и инертным кормом) не выработаны реакции охоты и маскировки в естественных условиях. Выпущенная молодь в течение долгого времени не умеет охотиться на активные пищевые объекты

(зообентос, мальки рыб, полихеты). Камбалы в природе имеют камуфляжное поведение, они меняют цвет пигментации тела в зависимости от окружающей среды и умеют мгновенно закапываться в грунт. Выращенные в искусственных условиях особи лишены этих навыков, после выпуска в море они голодают или легко становятся добычей хищников.

Адаптационная подготовка к выпуску занимает две недели и включает в себя следующие этапы:

1) С целью отработки навыков распознавания, преследования, нападения и поимки жертвы в бассейны вносят активные живые организмы (10 шт/40 л) из мест биотопа выпуска. Особям создают условия, которые схожи с предполагаемым местом выпуска по гидрологическим, экологическим (биотическим и абиотическим) условиям [25].

2) Мальки возрастом 2,5–3 месяца содержатся в бассейнах с глубиной воды 0,5 м, на дно которых помещается субстрат толщиной около 3 см. Тип грунта должен быть идентичен месту выпуска. Перед выпуском в Балтийское море рыбу нужно адаптировать к песчаному субстрату.

Песчаные бары Куршской косы, так называемые природные «рыбные ясли», обеспечивают малькам тюрбо высокую успешность поимки кормовых организмов, небольшой риск выедания хищной рыбой, оптимальные температурные параметры, подходящий для закапывания песок. Камбала — демерсальная засадная хищная рыба приобретает навык зарывания и изменения цветности.

Через 5 часов после проведения эксперимента с камбалой калканом были зафиксированы изменения пигментации, через 12 часов окраска максимально приближена к цвету донного субстрата (рис. 21).

В первые сутки адаптации мальки погружали в песок плавники, на вторые сутки они закапывались наполовину, через 7 суток долгое время проводили в грунте, погрузившись наполовину. На 14 сутки молодь могла зарыться целиком и менять цвет покрова полностью.

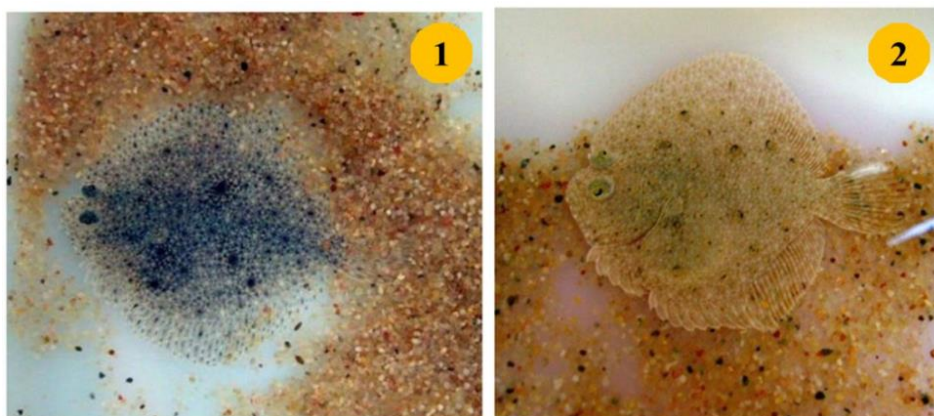


Рис. 21. Пигментация мальков в начале эксперимента (1) и через 12 часов (2) после внесения субстрата [32].

Были выработаны типичные поведенческие черты, характерные для рыбы, выросшей в природных условиях. Охотящаяся камбала закапывалась в песок, оставляя глаза над грунтом (рис. 22). При виде жертвы она выскакивала рывком из песка, далее погружалась обратно. Соответственно, способ приучения мальков *Scophthalmus* к выпуску очень эффективен, малозатратен и существенно повышает выживаемость.



Рис. 22. Камуфляжное поведение камбалы *S.maeoticus* (отмечены глаза) [25].

Информация о выживаемости выпущенных мальков рода *Scophthalmus* весьма скудна. Есть данные об экспериментальных выпусках искусственно выращенного тюрбо в прибрежные воды испанских и датских предприятий аквакультуры. Выпуск мальков *Scophthalmus maximus* в испанские прибрежные воды Атлантического океана характеризовался низкой выживаемостью. В Дании меченую молодь *S. maximus* выпускали в

прибрежную акваторию пролива Каттегат в течение 8 лет с 1991 по 1998 годы. По сравнению с дикими особями темп роста у искусственно выращенных тюрбо размером 4–6 см был чуть выше, на протяжении первого года рыба находилась недалеко от зоны выпуска. Была выпущена молодь и другого размерного ряда (11–16 см). Смертность культивируемой молоди не отличалась от таковой у природных популяций, промысловый возврат через 4 года после выпуска был 2,8% [15].

Что касается родственного вида *Scophthalmus maeoticus*, то его выпускают уже достаточно давно в акваторию Чёрного моря. Эффективность выпуска черноморского калкана также не оценена, так как мониторинг миграции и выживаемости мальков *S. maeoticus* не осуществлялся. Специалисты ФИЦ ИнБЮМ (А.Н. Ханайченко, Т.В. Рауэн, В.Е. Гирагосов) пришли к выводу, что для повышения выживаемости мальков рода *Scophthalmus* после выпуска следует проводить предварительные адаптационные процедуры с учётом биологических и физических условий биотопов, куда выпускается молодь. В таблице 5 приведены данные о фактических мероприятиях по выпуску мальков *S. Maeoticus* [32].

Таблица 5

Данные по выпуску черноморского калкана *S. maeoticus* (1987-2013 гг.) [32]

Период, гг	Место выпуска	Название учреждения, осуществляющего работы по ИВ ВБР	Количество, тыс. шт
1987-2009	Шаболатский лиман, Одесская обл. Украина	Керченское отделение ЮгНИРО Одесское отделение ЮгНИРО	750
1990-2003	Акватория г. Севастополь, Чёрное море	ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ г. Севастополь	Периодически по 1 тыс. (возраст 2-4 мес.)
1992-1997	Анапская банка, Чёрное море	Научно-экспериментальный морской биотехнологический центр «Большой Утриш», г. Анапа	165 (1995-1997 по 50 тыс. ежегодно)
2013	Акватория мыса Такиль, п-ов Крым	Научно-исследовательская база ЮгНИРО г. Керчь	1,6

4.4 Рыбоводный расчёт

Среди ожидаемых результатов реализации Государственной программы Калининградской области «Сельское хозяйство и рыболовство» (в рамках подпрограммы «Развитие рыбохозяйственного комплекса») — увеличение количества выращиваемой и выпускаемой молоди ВБР в водные объекты рыбохозяйственного значения области до 15 млн шт в год [19].

Данные ФГБУ «ЦУРЭН» показали следующую фактическую производственную мощность рыбоводных организаций Калининградской области: на 2022 г. общий выпуск молоди сига в количестве 2,582 млн шт., на 2023 г. к такому же количеству сига добавлено производство речного угря (фактическая мощность — 5,625 млн шт) [27, 28]. До выполнения подпрограммы не хватает порядка 7 млн шт выращенных гидробионтов, здесь также может занять свою нишу камбала-тюрбо.

Учитывая тот факт, что рекомендации по предельно допустимым объёмам выпуска камбалы-тюрбо отсутствуют, при составлении рыбоводного расчёта в качестве образца использовались данные выпусков камбалы-калкана «ЮгНИРО» (ФГБНУ «АзНИИРХ») и информация о техническом проекте строительства рыбоводного завода по разведению *S. taeoticus* с планируемой производственной мощностью 150 тыс. экз. Было подсчитано, что через десять лет такое пополнение увеличит промысловую часть популяции по меньшей мере в пять раз.

Сходство биологических характеристик тюрбо и калкана, за исключением оптимума солёности воды, даёт возможность использовать эти данные для расчёта, таким образом, взято среднее количество выпускаемой молоди калкана [11, 32].

Расчет количества производителей, необходимых для выращивания 100 тыс. экземпляров молоди камбалы-тюрбо в Калининградской области.

Производство на рыбоводном заводе в Калининградской области определенного количества молоди камбалы-тюрбо состоит из следующих этапов (перечисление в обратной последовательности):

- подращивание молоди, выживаемость (бассейны) 33%;
- подращивание личинок, выживаемость 15%;
- переход личинок на активное питание, выживаемость 40%;
- выдерживание личинок, выживаемость 70%;
- инкубация икры, выживаемость 75%;
- средний процент оплодотворения икры 70% (см. Прил. Таб. 3) [20].

1. Количество икры тюрбо, которое необходимо получить для проведения оплодотворения, рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{икры}} = K \left(\frac{1\,000\,000 * 100^6}{S_{\text{подращ}} \text{ молоди} * S_{\text{подращ}} \text{ личинки} * S_{\text{актив пит}} * S_{\text{выдерж}} * S_{\text{инкуб}} * S_{\text{оплод}}} \right)$$

где:

$N_{\text{икры}}$ – количество икры, шт.;

K – планируемый объём выпуска посадочного материала, млн. шт.;

S_i – выживаемость посадочного материала на разных этапах;

i – количество этапов выращивания посадочного материала до выпуска.

$$N_{\text{икры тюрбо}} = 0,1 \left(\frac{1\,000\,000 * 100^6}{33 * 15 * 40 * 70 * 75 * 70} \right) = 13\,742\,871 \text{ шт. икры}$$

Следовательно, для проведения работ по искусственному оплодотворению с целью дальнейшего выращивания 100 тыс. экземпляров молоди тюрбо, необходимо получить 13 742 871 шт. икры.

2. Общая масса самок тюрбо, необходимая для получения 13 742 871 шт. икры, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\text{самок}} = \frac{N_{\text{икры}}}{R}$$

где:

$M_{\text{самок}}$ – общая масса самок, кг;

$N_{\text{икры}}$ – количество икры, которое необходимо получить для проведения оплодотворения, шт.;

R – средняя относительная плодовитость самки, шт. икры/кг.

Средняя относительная плодовитость самки тюрбо в природных условиях Калининградской области составляет 400 000 штук икры на кг веса самки.

Подставив в формулу значения каждого показателя, получается:

$$M_{\text{самок}} = \frac{13742871}{400000} = 35 \text{ кг.}$$

Теперь, когда известна общая масса самок, необходимая для получения нужного количества икры, определяется количество самок, подлежащих добыче:

$$N_{\text{самок}} = \frac{M_{\text{самок}}}{m_{\text{ср.самки}}}$$

где:

$N_{\text{самок}}$ – количество самок, подлежащих добыче, экз.;

$M_{\text{самок}}$ – общая масса самок, кг;

$m_{\text{ср.самок}}$ – средняя масса одной самки, кг;

$$N_{\text{самок}} = \frac{35}{1,0} = 35 \text{ экз.}$$

Следует отметить, что для определения полного количества самок, подлежащих добыче, в расчёте нужно учесть этапы, на которых возможны потери того или иного количества добытых производителей. Для этого применяется следующая формула:

$$N_{\text{полное самок}} = \frac{N_{\text{самок}} * 100^i}{S_{\text{трансп.}} * S_{\text{длит.выдерж.}} * S_i}$$

где:

$N_{\text{полное самок}}$ – полное количество самок, подлежащих добыче с учётом потерь на всех этапах работы с производителями, экз.;

i – количество этапов выращивания посадочного материала до выпуска;
 $N_{\text{самок}}$ – количество самок, подлежащих добыче, экз.;
 S_i – выживаемость добытых самок на каждом этапе работы с производителями, %;

$S_{\text{трансп.}}$ – выживаемость самок при транспортировке к рыбоводному заводу, %;

$S_{\text{длит. выдерживание}}$ – выживаемость самок на этапе длительного выдерживания, %.

Средняя масса самки тюрбо в природных условиях Калининградской области составляет 1,0 кг. Технология работы с производителями состоит из трех этапов:

- отбраковка производителей, не соответствующих рыбоводным требованиям, 30%;
- выживаемость производителей при транспортировке, 100%;
- выживаемость производителей при выдерживании, 60%;

$$N_{\text{полное самок}} = \frac{N_{\text{самок}} * 100^3}{S_{\text{отбраковка}} * S_{\text{транспорт.}} * S_{\text{выдерж.}}} = \frac{35 * 100^3}{70 * 100 * 60} = 84 \text{ экз.}$$

Полное количество самок, подлежащих добыче в целях рыбоводства для последующего получения икры и выращивания 100 тыс. молоди на рыбоводном заводе составляет 90 экземпляров.

Общая масса самок, подлежащих добыче, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{\text{самок вылов}} = N_{\text{полное самок}} * m_{\text{ср.самки}}$$

где:

$M_{\text{самок вылов}}$ – общая масса самок, подлежащих добыче, кг;

$N_{\text{самок}}$ – количество самок, подлежащих вылову, шт.;

$m_{\text{ср.самки}}$ – средняя масса одной самки, кг.

$$M_{\text{самок вылов}} = 84 * 1,0 = 84 \text{ кг.}$$

3. Количество самцов тюрбо, подлежащих добыче, необходимое для оплодотворения 13 742 871 шт. икры, рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{самцов}} = N_{\text{полное самок}} * Z$$

где:

$N_{\text{самцов}}$ – количество самцов, подлежащих вылову, шт.;

$N_{\text{самок}}$ – количество самок, подлежащих вылову, шт.;

Z – количество самцов в нерестовом стаде, приходящееся на одну самку.

$$N_{\text{самцов}} = 84 * 3 = 252 \text{ экз.}$$

Для подсчета общей массы самцов применяется следующая формула:

$$M_{\text{самцов вылов}} = N_{\text{самцов}} * m_{\text{ср.самца}}$$

где:

$M_{\text{самцов вылов}}$ – общая масса самцов, подлежащих добыче, кг;

$N_{\text{самцов}}$ – количество самцов, подлежащих вылову, шт.;

$m_{\text{ср.самца}}$ – средняя масса одного самца, кг.

$$M_{\text{самцов вылов}} = 252 * 0,4 = 100,8 \text{ кг.}$$

Таким образом, для выращивания и выпуска 100 тыс. единиц тюрбо необходимо 336 производителей (84 самки и 252 самца) и 13 742 871 единиц икры.

4.5 Актуальные проблемы искусственного воспроизводства тюрбо

Финансовый аспект: камбала-тюрбо *Scophthalmus maximus* является морским видом, а значит, объектом марикультуры. Основными производителями марикультурной продукции считаются западноевропейские страны в силу географического расположения вблизи морских акваторий и оптимальных климатических условий.

Доля выращивания морских видов в Западной Европе составляет более 80% всей аквакультурной продукции. Страны восточноевропейского

региона, Россия в их числе, в большинстве специализируются на выращивании пресноводных и проходных видов [14].

Хотя в 70-годы прошлого столетия СССР был мировым лидером в рыбном промысле, государство определило развитие марикультуры как стратегическое направление. Первые исследования и экспериментальные работы по созданию отечественных технологий разведения рыб морского комплекса относились к тресковым и камбаловым видам рыб, включая камбалу-калкана *Scophthalmus maeoticus*. С середины 1980-х годов работы прекратились, научные исследования не финансировались, разработки не были востребованы. Оживление деятельности по исследованию воспроизводства камбалообразных началось с 90-х годов XX века.

На сегодняшний день на базе АтлантНИРО в рамках государственного задания по разработке технологической документации по выращиванию перспективных объектов аквакультуры разработана и апробирована технология получения посадочного материала и выращивания камбалы-тюрбо. Тем не менее, данная технология также не востребована в массовом производстве рыб рода *Scophthalmus* [14].

В большей степени реализовать огромный научный опыт мешают финансовые проблемы. Аквафермам необходима государственная поддержка для создания материально-технической базы и обеспеченности посадочным материалом. Марикультура тюрбо, учитывая популярность деликатесной рыбы, имеет такую поддержку в западноевропейских странах и в Китае. За рубежом научные исследования и обеспечение рыбоводов посадочным материалом проводятся в большей мере за счёт государственного сектора.

Товарным выращиванием камбал-тюрбо занимаются и крупные компании, и частные лица. Лидерство Китая в выращивании этого вида обусловлено налоговыми и банковскими льготами, бесплатными курсами, консультациями, учебными пособиями для желающих заняться рыбоводством. Ставки по кредиту для рыбоводов в Китае в три раза меньше, чем для российских [10].

Мало назвать марикультуру приоритетной сферой, необходимы законодательные решения, создание инвестиционных привлекательных условий для развития отрасли. Аквакультура и марикультура держатся во многом за счёт предприятий малого и среднего бизнеса, поэтому доступные кредиты и благоприятная налоговая политика, несомненно, сыграют немаловажную роль в развитии отрасли. Строительство питомников для получения отечественного посадочного материала тюрбо может стать перспективой торговых отношений с Китаем, так как КНР пополняет маточные стада, импортируя молодь из питомников Норвегии и Франции [37].

Биологический аспект: Основным тормозом развития марикультуры тюрбо является ряд сложностей, возникающих в процессе искусственного воспроизводства.

1) Бактериальная контаминация

Как было сказано, рыбы рода *Scophthalmus*, обладая слабым иммунитетом, подвержены инфекционным заболеваниям. Размножение условно-патогенных бактерий в среде выращивания даёт большой процент гибели личинок тюрбо. Основной источник бактерий: кормовые организмы. При меньшей концентрации микроводорослей в выростной среде коловратки *B. plicatilis* переходят на питание бактериями, потребление таких коловраток вызывает у личинок тюрбо нарушение пищеварения и отказ от пищи. Наравне с *B. plicatilis* источник патогенов — науплии *A. salina*. Плотность посадки икры, которая в естественных условиях ниже, аналогично способствует бактериальным инфекциям.

2) Эффективность выращивания кормовых объектов

Процесс выращивания живых кормов для тюрбо нуждается в оптимизации. Известно, что коловратки избирательны к характеристикам микроводорослей, для повышения показателей продуктивности *B. plicatilis* следует подбирать наиболее подходящие виды. Научно-исследовательские работы в Калининградской области выявили, что культура *Monochrysis*

lutheri зарекомендовала себя лучше, чем *Dunaliella salina*, *Nannochloropsis oculata* [13]. Специалисты ИнБЮМ экспериментально доказали, что в условиях «зелёной» воды при применении культур *Tetraselmis suecica* и *Isochrysis galbana* личинки тюрбо быстрее растут и имеют максимальный процент выживаемости (63% по окончании двух недель развития) [37].

3) Переход на инертный корм

Искусственные корма должны удовлетворять потребность тюрбо в белке (в среднем не менее 50% для личинок до 10 г). Но главное условие — гранулы не должны быстро оседать на дно, иначе не выработается положительная реакция на корм.

4) Предварительная адаптация к естественным условиям

Зарыбление акваторий молодью камбалы-тюрбо должно происходить после чёткого ответа на следующие вопросы:

- Какова численность популяции?
- Что привело к снижению численности?
- Какую экологическую нишу займёт выпущенная молодь?
- Знание каких особенностей биологии тюрбо поможет повысить её выживаемость после выпуска?

В настоящее время отсутствует мониторинг численности популяции балтийского тюрбо, в отношении вида не установлен ОДУ (общий допустимый улов). Никогда не проводились мероприятия по зарыблению, поэтому нет мониторинга выживаемости камбалы-тюрбо в естественной среде. При потенциальном выпуске *Scophthalmus maximus* в Балтийское море необходимы описанные выше адаптационные процедуры.

4.6 Рекомендации

1. Комплексный анализ состояния балтийской популяции камбалы-тюрбо *Scophthalmus maximus*, прогноз изменения её численности, регулярный государственный мониторинг количественных характеристик вида, его распространения, а также качества среды обитания;

2. Формирование благоприятных нормативно-правовых и организационных условий для государственного и частного капиталовложения в модернизацию материально-технической базы предприятий по искусственному воспроизводству водных биоресурсов в Калининградской области;

3. Создание комплексной программы по искусственному воспроизводству балтийского тюрбо, подразумевающей выращивание жизнестойкой молоди по усовершенствованной биотехнике; проведение адаптационных мероприятий для повышения выживаемости после выпуска в места естественного обитания; мониторинг эффективности искусственного воспроизводства, его влияние на биотоп; оценка промыслового возврата;

4. Рассмотрение создания в Калининградской области кластера аква- и марикультуры, объединяющего в себе научно-исследовательский и рыбоводный комплекс по воспроизводству ценных объектов ихтиофауны юго-восточной части Балтийского моря в соответствии с разработанным рыбоводно-биологическим обоснованием;

5. Разработка биотехнических показателей по разведению молоди камбалы-тюрбо на рыбоводных заводах Калининградской области и рекомендаций по предельно допустимым объёмам выпуска;

6. Разработка биотехнических показателей по созданию и содержанию ремонтно-маточного стада камбалы-тюрбо и формирование впоследствии маточного поголовья для снижения промыслового пресса на естественных производителей и получения гарантированного количества рыбопосадочного материала;

7. Производство отечественных рыбных кормов для камбалообразных с учётом биологических особенностей рыб;

8. Популяризация камбалы-тюрбо на внутреннем рынке путём расширения ассортимента продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следствием изученной научной литературы по тематике, касающейся воспроизводства камбалы-тюрбо, стали определённые выводы.

1. Анализ статистики организаций, занятых в сфере аквакультуры, рыбоохраны и защиты Балтийского моря, позволил констатировать факт, что балтийский тюрбо *Scophthalmus maximus* относится к видам, близким к уязвимому положению. Причинами зафиксированного снижения численности стали: чрезмерный вылов, специфика гидрохимического режима Балтийского моря. Падение промышленного вылова камбалы-тюрбо происходит повсеместно. Существующий строгий контроль промысла внутренними нормативными документами стран помогает сохранять нерестовую часть вида, а развитие искусственного воспроизводства повысит промысловый запас и компенсирует нехватку диких производителей. Калининградская область, где есть естественные предпосылки для воспроизводства балтийского тюрбо наряду с готовой научно-производственной базой, адаптированной технологией выращивания вида соответствует этим целям.

2. Следует подчеркнуть, что потенциал роста популяции *S. maximus* не лимитирован кормовой базой акватории побережья Балтики, а удалённые миграции особей не характерны. Существующие проблемы загрязнения среды обитания гидробионтов не так чувствительно влияют на донную тюрбо. Опасность представляет дезоксигенация в глубинных районах зимовки и эвтрофикация в мелководных районах нагула. Благополучный естественный нерест зависит от солеформирующих факторов, расположения вертикальных градиентов солёности.

3. Всестороннее изучение биологии вида помогло выделить его особенности. Камбала-тюрбо Балтийского моря представляет обособленную популяцию, адаптировавшуюся к низкой солёности моря. Для вида характерен половой диморфизм. Из-за сложности изучения биологии

Scophthalmus maximus в естественной среде, знания о жизненном цикле и размножении получены учёными в лабораторных условиях.

Камбала от личинки до молоди проходит кардинальную трансформацию всего организма (метаморфоз), меняя слой обитания от пелагиали к придонному грунту, переходя на питание другими пищевыми организмами, в иных абиотических условиях. Усиленное внимание в работе было уделено проблеме здоровья рыб, так как чувствительность тюрбо на ранних стадиях к бактериальной контаминации создаёт угрозу инфекционных заболеваний и гибели в искусственных условиях.

4. Становление марикультуры тюрбо прошло долгий путь от экспериментов к передовым технологиям. В рамках подробного исследования теоретических и практических работ по искусственному воспроизводству рыб рода *Scophthalmus* удалось исследовать и описать небезрезультативные биотехнологические процессы, позволяющие повысить выживаемость личинок и молоди при выращивании, составить рыбоводный расчёт.

5. В процессе освоения темы выпускной квалификационной работы найдено достаточно аргументов в пользу успешности искусственного выращивания камбалы-тюрбо в Калининградской области. Однако в то же время злободневными остаются вопросы создания маточного поголовья, оптимизации культивирования живых кормов и методов выращивания вида, охраны здоровья рыб и обязательной вакцинации, разработки отечественных кормов. Развитие марикультуры в регионе Балтики требует вдумчиво спроектированной системы правовых основ, государственных и частных капиталовложений, участия научных институтов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаевская, А. В. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях / А. В. Гаевская. — Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. — 237 с. — ISBN 966-02-3282-9.
2. Гуцин, А. В. О необходимости проведения гидробиологического мониторинга литорали Балтийского моря Куршской косы / А. В. Гуцин, Ю. Ю. Полунина // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России : Сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвящённой 30-летию национального парка «Куршская коса», Лесной, 02–04 ноября 2017 года. — Лесной: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2017. — С. 42–48.
3. Гуцин, А. В. Современное состояние промысловой ихтиофауны южной части Балтийского моря как следствие антропогенного воздействия / А. В. Гуцин, В. Е. Федоров // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2017. – № 49. – С. 134-144.
4. Дроздов, В. В. Влияние колебаний климата на динамику экосистем Балтийского и Белого морей : монография / В. В. Дроздов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет». — Санкт–Петербург : РГГМУ, 2015. — 234 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-86813-424-1.
5. Дроздов, В. В. Влияние солёности воды на видовой состав биоценозов и формирование экотонов в Балтийском море / В. В. Дроздов, Н. П. Смирнов, Э. Г. Гасанова // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2005. – № 1. – С. 109-136.
6. Дроздов, В. В. Колебания климата и донные рыбы Балтийского моря : Монография / В. В. Дроздов, Н. П. Смирнов. – Санкт-Петербург :

Российский государственный гидрометеорологический университет, 2013. – 249 с. – ISBN 978-5-86813-217-9.

7. Дубравин, В. Ф. Эволюции гидрохимических структур вод Балтийского моря / В. Ф. Дубравин ; ИО РАН. — Санкт-Петербург : СУПЕР Издательство, 2021. — 504 с. : ил. ISBN 978-5-996511-70-9.

8. Здоровая рыба. Профилактика, диагностика и лечение болезней / Р. Рахконен, П. Веннерстрем, П. Ринтамяки, П. Каннел. — 2-е изд. — Хельсинки : НИИ охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии, 2013. — 180 с. : ил. — ISBN 978-951-776-935-8.

9. Карпушевская, А. И. Видовая структура донного ихтиоценоза Юго-Восточной Балтики по данным учётных траловых съёмок / А. И. Карпушевская, С. В. Шibaев // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. — 2014. — № 7. — С. 77–87.

10. Козлов, В. И. Анализ современных технологий в аквакультуре: отечественные разработки и опыт Китая / В. И. Козлов, А. В. Козлов // Рыбное хозяйство. — 2018. — № 1. — С. 73-76.

11. Куманцов, М. И. Черноморская камбала-калкан: состояние запасов и пути их сохранения и восстановления / М. И. Куманцов // Труды ВНИРО. — 2013. — Т. 150. — С. 21-34.

12. Куршская коса. — Изображение (картографическое ; неподвижное ; двумерное) : электронное // «Планета Земля» Geosfera.Org. — URL: <https://geosfera.org/evropa/2415-kurshskaya-kosa.html> (дата обращения: 12.05.2023).

13. Лопухин, Д. Г. Результаты выращивания личинок камбалы-тюрбо (*Scophthalmus maximus*) в заводских условиях с использованием микроводорослей *Dunaliella salina* и *Nannochloropsis oculata* в качестве среды выращивания / Д. Г. Лопухин, К. Б. Хайновский // Вестник молодёжной науки. — 2020. — № 3(25). — С. 18.

14. Маслова, О. Н. Морская аквакультура: неиспользуемый потенциал в Центральной и Восточной Европе / О. Н. Маслова, Е. В. Микодина, Б. Н. Котенёв // Труды ВНИРО. – 2010. – Т. 148. – С. 21-35.

15. Маслова, О. Н. Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана *Scophthalmus maeoticus*: проблемы и методы / О. Н. Маслова // Труды ВНИРО. – 2013. – Т. 150. – С. 35-49.

16. Материалы комплексного экологического обследования участков акватории Балтийского моря, обосновывающие придание этой акватории статуса охранной зоны национального парка «Куршская коса» // Проект BASE «Выполнение Россией Плана действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю». — Калининград, 2014. — С. 144.

17. Моря России — Балтийское море / Yandex. — Изображение (картографическое ; неподвижное ; двухмерное) : электронное // GeographyofRussia.com. — URL: <https://geographyofrussia.com/morya-rossiibaltijskoe-more/> (дата обращения: 12.05.2023).

18. Об опасности вирусной геморрагической септицемии при разведении камбалы калкана на юге России. Опубликовано 20.11.2017. — Текст : электронный // Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») : офиц. сайт. — URL: <https://azniirkh.vniro.ru/content/read/archive/otdel-akvakulturyi/ob-opasnosti-virusnoy-gemorragicheskoy-septitsemii-pri-razvedenii-kambalyi-kalkana-na-yuge-rossii?ysclid=lhovovpubi100713730> (дата обращения: 15.05.2023).

19. Об утверждении Государственной программы Калининградской области «Сельское хозяйство и рыболовство» (с изменениями на 15 июля 2022 года) (в ред. Постановления Правительства Калининградской области от 15.07.2022 N 365). — Текст : электронный. Постановление Правительства Калининградской области от 21 декабря 2021 года N 841// Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL:

<https://docs.cntd.ru/document/406190240?ysclid=lgbz4v3c44815440977> (дата обращения: 12.04.2023).

20. Об утверждении Методики расчёта объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства) : Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 30 января 2015 г. № 25. [Зарегистрирован 20 февраля 2015 года, N 36147]. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/420253563> (дата обращения: 04.06.2023).

21. Об утверждении Правил рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 620 [Зарегистрирован 3 марта 2021 г. N 62649]. — Текст : электронный // ГАРАНТ : информационно-правовая система, 2023. — URL: <https://base.garant.ru/400393789/> (дата обращения: 15.04.2023).

22. Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08 сентября 2022 г. N 2567-р. — Текст : электронный // Docs.cntd.ru : электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». — АО «Кодекс», 2023. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/351735594> (дата обращения: 21.04.2023).

23. Основы марикультуры : учебное пособие / составитель Н. А. Сытник. — Керчь : КГМТУ, 2018. — 167 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140636> (дата обращения: 07.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

24. Патент № 2548106 С1 Российская Федерация, МПК А01К 61/00 (2006.01). Способ интенсивного выращивания мальков камбалы калкан / А. М. Ханайченко, В. Е. Гиригосов, Д. В. Ельников, Т. В. Рауэн ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»; № 2014150176/93 : заявл. 30.10.2014 : опубл. 10.04.2015 Бюл. №10.— 9 с.

25. Патент № 2743059 Российская Федерация, МПК А01К 61/00 (2006.01). Способ подготовки искусственно выращенной молоди черноморского калкана к выпуску в естественные места обитания / Т. В. Рауэн, А. Н. Ханайченко, В. Е. Гиригосов ; патентообладатель (и) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»; № 2020107210; заявл. 17.02.2020, опубл. 15.02.2021 Бюл. № 5. — 12 с.

26. Проект «Реконструкция с увеличением мощности по выпуску молоди сига до 750 тысяч штук в год экспериментального рыбоводного цеха ФГБУ «Главрыбвод», расположенного по адресу: пос. Лесной, Зеленоградский район, Калининградская область», включая материалы ОВОС, 2022. — С. 682. — Текст : электронный // Открытые данные — ФГБУ «Главрыбвод» : офиц. сайт. — URL: <https://glavrybvod.ru/otkrytye-dannye/#1649231070758-1795402c-3769> (дата обращения: 07.05.2023).

27. Производственные мощности рыбоводных организаций, осуществляющих работы по искусственному воспроизводству водных биоресурсов (выращивание, выпуск) на 2022 год / ФГБУ «ЦУРЭН» : федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации» : официальный сайт. — Москва, 2022. — URL:

https://files.tsuren.ru/docs/moschnosti_2022_2.pdf (дата обращения: 15.06.2023).

— Текст : электронный.

28. Производственные мощности рыбоводных организаций, осуществляющих работы по искусственному воспроизводству водных биоресурсов (выращивание, выпуск) на 2023 год / ФГБУ «ЦУРЭН» : федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации» : официальный сайт. — Москва, 2023. — URL: https://files.tsuren.ru/docs/moschnosti_2023.pdf (дата обращения: 15.06.2023).

— Текст : электронный.

29. Промысловые рыбы России. В двух томах / Под ред. О. Ф. Гриценко, А. Н. Котляра и Б. Н. Котенёва. — Москва : ВНИРО (Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии), 2006. — Т. 2. — С. 909—910. — 1280 с. — ISBN: 5-85382-229-2.

30. Пьянов, Д. С. Балтийский тюрбо *Scophthalmus maximus* как перспективный объект марикультуры / Д. С. Пьянов // Труды АтлантНИРО. — 2018. — Т. 2, № 2(6). — С. 43—53.

31. Пьянов, Д. С. Обзор результатов выращивания личинок камбалы-тюрбо *Scophthalmus maximus* в искусственных условиях на базе экспериментального рыбоводного цеха АтлантНИРО / Д. С. Пьянов // Труды АтлантНИРО. — 2020. — Т. 4, № 1(9). — С. 71—82.

32. Рауэн, Т. В. Взаимодействие живых компонентов в системе искусственного воспроизводства черноморского калкана : (*Scophthalmus taeoticus*) (Pisces: Scophthalmidae) : дис. ... кандидата биологических наук : 03.02.10 / Рауэн Татьяна Владимировна; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» — Севастополь, 2014. — 130 с. : ил.

33. Специалисты АтлантНИРО ставят опыт по выращиванию камбалы тюрбо. — Изображение (подвижное ; двухмерное) : электронное // Видеохостинг: [канал RUTUBE]. — 13 июля 2018. — URL: <https://rutube.ru/video/c20a1fa8db60665d98306b5981bf7944/> (дата обращения: 17.05.2023).

34. Хайновский, К. Б. Искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов в Калининградской области: опыт, проблемы, перспективы / К. Б. Хайновский, А. Г. Ульянов // Труды ВНИРО. — 2015. — Т. 153. — С. 57–73.

35. Хайновский, К. Б. Опыт преднерестового содержания и стимулирования созревания половых продуктов у производителей камбалы-тюрбо в 2010-2011 годах / К. Б. Хайновский, Т. А. Смолянская // Инновации в науке, образовании и бизнесе — 2012 : Труды X Международной научной конференции. В 2-х частях, Калининград, 17–19 октября 2012 года. Том Часть 1. — Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2012. — С. 92–95.

36. Ханайченко, А. Н. Рост, выживаемость и химический состав личинок тюрбо (*Scophthalmus maximus* L.) при интенсивном выращивании в «чистой» и «зелёной» воде / А. Н. Ханайченко, М. И. Планас, С. Д. Карнеро // Экология моря. — 2000. — Т. 50. — С. 78-82.

37. Ханайченко, А. Н. Черноморский калкан и его ближайший родственник, тюрбо / А. Н. Ханайченко, В. Е. Гиригосов ; Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН. Том Часть 1. — Севастополь : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-6044865-6-6.

38. APROMAR, 2022. La acuicultura en Espana 2022. 106 pp. — Text : electronic. — URL: https://apromar.es/wp-content/uploads/2022/10/La_acuicultura_Espana_2022_v3_APROMAR.pdf (accessed: 15.06.2023).

39. Characterization of an iridovirus detected from cultured turbot *Scophthalmus maximus* in Korea / W. Kim, M. Oh, S. Jung [et al.]. — Text : electronic // Diseases of Aquatic Organisms. Vol. 64: P.175–180, 2005. — URL: https://www.researchgate.net/publication/7824239_Characterization_of_an_iridovirus_detected_from_cultured_turbot_Scophthalmus_maximus_in_Korea (accessed: 17.05.2023).

40. Development of Swimming and Feeding Functions in Larval Turbot, *Psetta maxima*, Reared in the Laboratory / K. Hiroshi, M. Masato, Y. Kenzo [et al.] // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 1: P.7–15, 2001. — Text : electronic // URL: https://www.researchgate.net/publication/283421429_Development_of_Swimming_and_Feeding_Functions_in_Larval_Turbot_Psetta_maxima_Reared_in_the_Laboratory (accessed: 11.05.2023).

41. FAO 2023. *Scophthalmus maximus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Rodríguez Villanueva, J. L. & Fernández Souto, B.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2005-06-06 URL: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/psetta_maxima?lang=en (accessed: 10.05.2023).

42. ICES. 2022. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). ICES Scientific Reports. 4:44. 659 pp. — DOI.org/10.17895/ices.pub.19793014. — Text : electronic // International Council for the Exploration of the Sea. — URL: https://ices-library.figshare.com/articles/report/Baltic_Fisheries_Assessment_Working_Group_WGBFAS_/19793014 (accessed: 09.04.2023).

43. Interactive map / Habitat of *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758). — Image (cartographic ; static ; two-dimensional) : electronic // Global Biodiversity Information Facility. — URL: <https://www.gbif.org/species/2409418> (accessed: 07.05.2023).

44. Munroe, T. A. SCOPHTHALMIDAE. Turbots, megrims, brills // The living marine resources of the Eastern Central Atlantic. Volume 4: Bony fishes part

2 (*Perciformes* to *Tetradontiformes*) and Sea turtles / Carpenter, K.E. & De Angelis, N., eds. — FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. — Rome: FAO, 2016. — P. 2960—2972. — 2343—3124 p. — Text : electronic // ResearchGate. — URL: https://www.researchgate.net/publication/332222202_Pleuronectiformes_Scophthalmidae (accessed: 05.05.2023).

45. Øiestad, V. Shallow raceways as a compact, resource maximizing farming procedure for marine fish species / V. Øiestad. — Text : electronic DOI:10.1046/j.1365-2109.1999.00408.x // Aquaculture Research, 1999. Vol. 30. — PP. 831-840. // URL: https://www.researchgate.net/publication/230031800_Shallow_raceways_as_a_compact_resource-maximizing_farming_procedure_for_marine_fish_species (accessed: 04.06.2023).

46. Pyanov, D.S. A review of the cultivation potential of turbot (*Scophthalmus maximus* (L.)) in the Baltic Sea region: a promising candidate species for marine aquaculture in Russia / D. Pyanov — DOI: 10.1088/1755-1315/689/1/012040. — Text: electronic // 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 689(1):012040. — URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/689/1/012040> (accessed: 07.06.2023).

47. Rapid diagnosis of turbot reddish body iridovirus in turbot using the loop-mediated isothermal amplification method / Zh. Qingli, Sh. Chenyin, H. Jie [et al.]. — DOI.org/10.1016/j.jviromet.2009.01.008 — Text : electronic // Journal of Virological Methods, Vol. 158: P.18–23, 2009. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016609340900010X?via=ihub> (accessed: 17.05.2023). — Access mode: for registered users.

48. Rurangwa, E. Hatchery manual for broodstock management and larval production of turbot (*Psetta maxima*) / E. Rurangwa, M. Poelman. — Text: electronic // Yerseke: IMARES, 2011. 52 p. (Report / IMARES Wageningen UR; No. C150/11). — URL: <https://edepot.wur.nl/191875> (accessed: 01.06.2023).

49. *Scophthalmus maximus* / M.Cardinale, B. Chanet, P.Martínez Portela [et al.]. — DOI.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T198731A144939322.en. — Text : electronic // The IUCN Red List of Threatened Species 2021 : e.T198731A144939322. — URL: <https://www.iucnredlist.org/species/198731/144939322> (accessed: 10.04.2023).

50. *Scophthalmus maximus*. — Text : electronic // HELCOM Red List Fish and Lamprey Species : HELCOM. — URL: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Scophthalmus-maximus.pdf> (accessed: 11.04.2023).

51. Sierra Flores, Rogelio. Environmental management of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*): implications of noise, light and substrate / Rogelio Sierra-Flores. — DOI:10.13140/RG.2.1.3304.3040. Text : electronic // Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 2014. — 256 pp. — URL: https://www.researchgate.net/publication/326326626_OpenAccess-Benefits_Benefits_explained_Infograph_and_description_of_each_benefit_CC-BY_DOI_1013140RG221345200641 (accessed: 06.05.2023).

52. Turbot *Scophthalmus maximus* (L. 1758) : Trophic Web. — Image (interactive; two-dimensional) : electronic // Encyclopedia of Life / The Smithsonian Institution's National Museum of Natural History. — URL: <https://eol.org/pages/46570245> (accessed: 17.04.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ

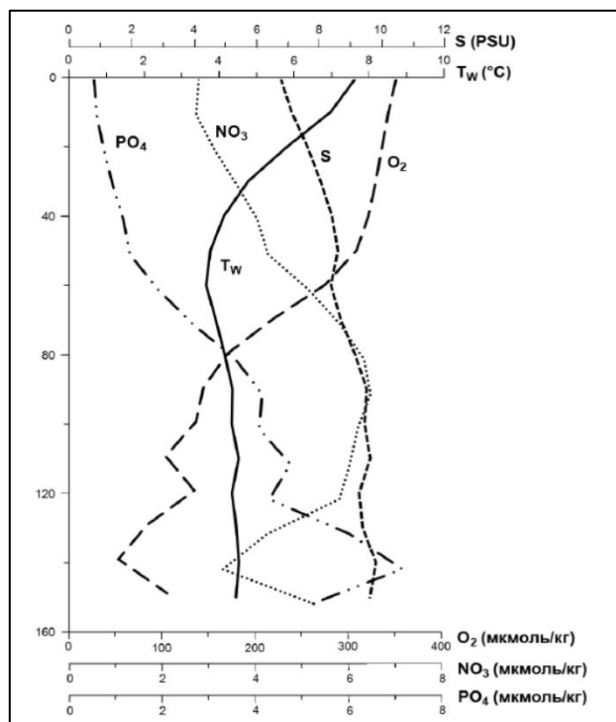


Рис. 1. Среднегодовые кривые вертикального распределения температуры воды (T_w), солёности (S), кислорода (O_2), фосфатов (NO_3), нитратов (PO_4) за 1950–2005 гг. для Балтийского моря [7].

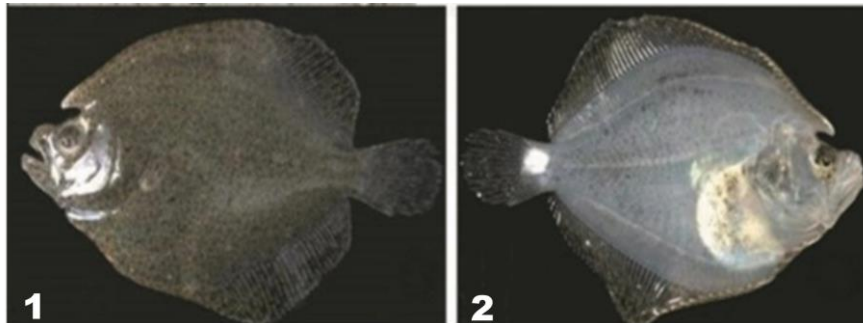


Рис. 2. Аномалия развития тюрбо *Scophthalmus maximus* (1–левая сторона, 2–правая сторона) [37].



Рис. 3. Тюрбо с дефектами пигментации [37].

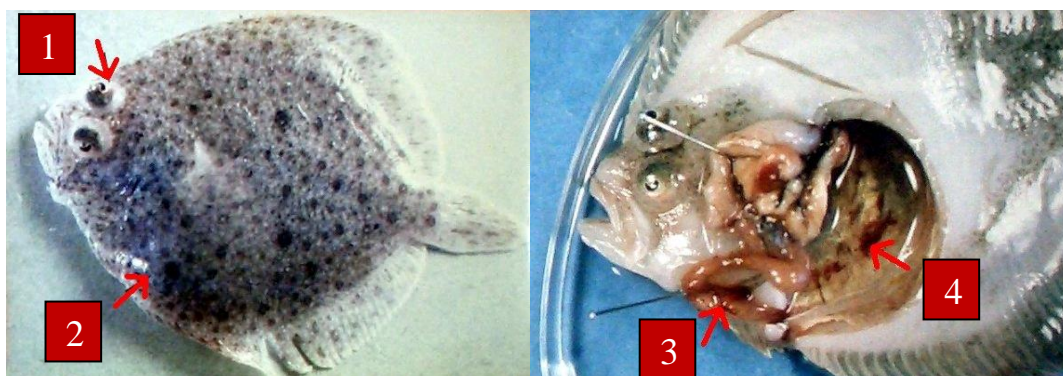


Рис. 4. Сеголеток атлантического тюрбо с внешними клиническими признаками VHS (1–пучеглазие, 2–вздутие брюшка, 3–геморрагические участки на кишечнике, 4–обильная асцитная жидкость в полости тела) [18].

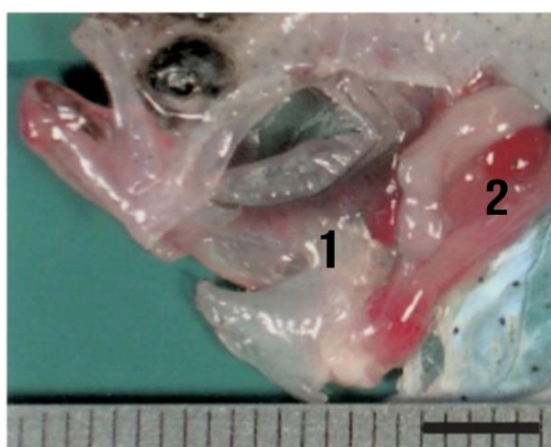


Рис. 5. Признаки заболевания иридовирусом (1–бледные жабры, 2–сильно увеличенная селезёнка) [39].

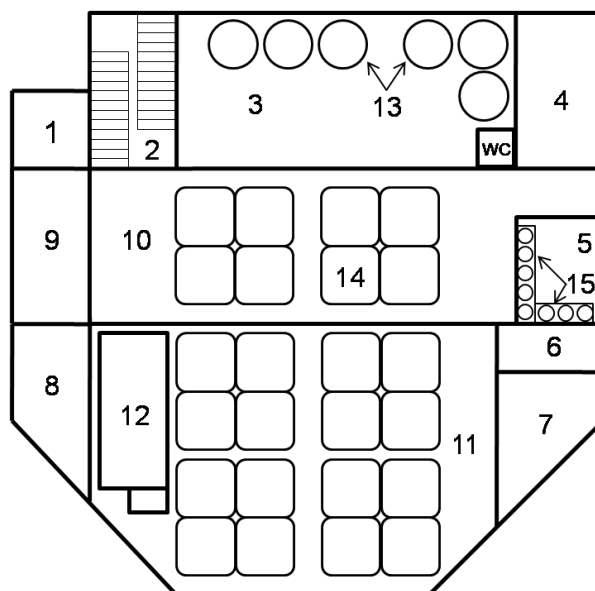


Рис. 6. Схема 1 этажа рыбоводного цеха посёлка Лесной, Калининградской области (1– тамбур, 2 – лестничная клетка, 3 – личиночное отделение, 4 – котельная, 5 – инкубационное отделение, 6 – кладовая, 7 – отделение живых кормов, 8 – кислородная станция, 9 – склад кормов, 10 – мальковое отделение №1, 11 – мальковое отделение №2, 12 – водоочистное сооружение, 13, 14 – рыбоводные бассейны, 15 – инкубационные аппараты) [26].

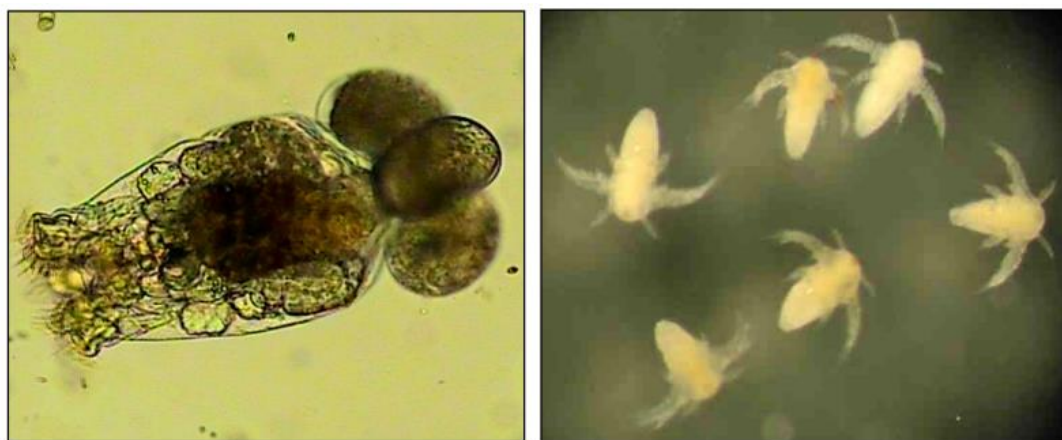


Рис. 7. Колловратки *B. plicatilis* (слева) и науплии *A. salina* (справа) [32].

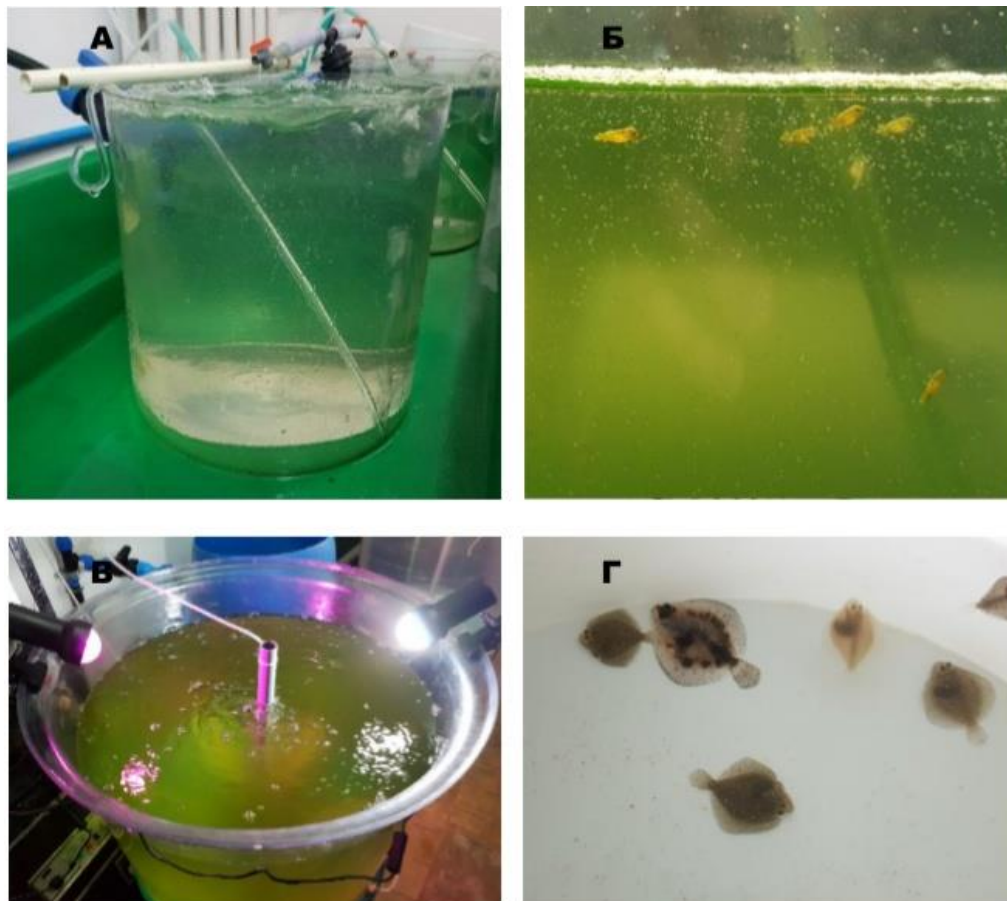


Рис. 8. Отдельные этапы выращивания тюрбо в экспериментальном рыбноводном цехе «АтлантНИРО»: А–инкубация икры, Б–личинки тюрбо (18 сут после вылупления), В–резервуары, используемые для выращивания личинок, Г–мальки тюрбо (75 сут после вылупления) [30].

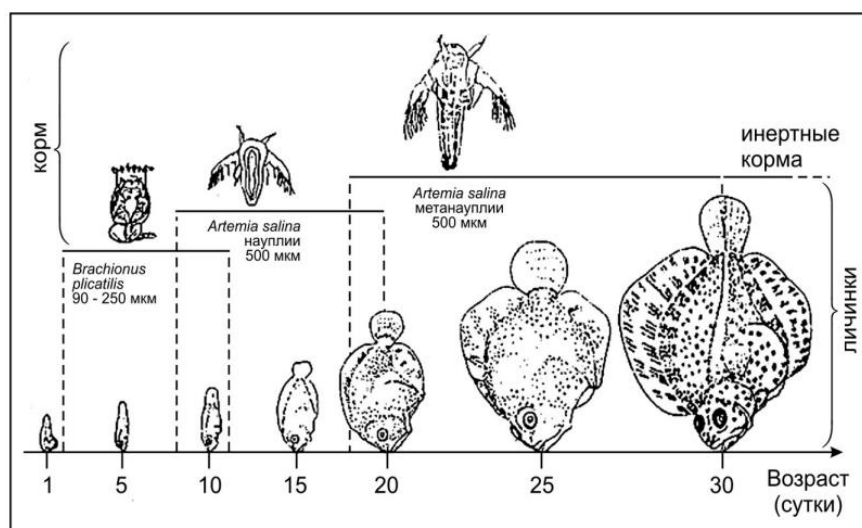


Рис. 9. Кормовые организмы на разных этапах культивирования тюрбо [32].



Рис. 10. Выращивание тюрбо в системах рейсвейсов [37].

Таблица 1

Бактериальные заболевания тюрбо *Scophthalmus maximus* [41]

Болезнь	Возбудитель	Симптомы	Меры профилактики и лечение
Флексибактериоз	Бактерия <i>Tenacibaculum maritimum</i>	Серые пятна в области спинного плавника; поражения головы и рта; иногда жаберная гниль	Вакцина; антибиотики
Фурункулёз	Бактерия <i>Aeromonas salmonicida</i>	Фурункулоподобные поражения кожи	Вакцина; антибиотики
Стрептококкоз	Бактерия <i>Streptococcus parauberis</i>	Кровоизлияние плавников, кожи и серозных поверхностей; язвы	Вакцина
Вибриоз	Бактерия <i>Vibrio anguillarum</i>	Потемневшая кожа; вялость; обтрёпанные плавники; кожные язвы; экзофтальмия (выпячивание глаз)	Вакцина; антибиотики

Паразитарные заболевания тюрбо *Scophthalmus maximus* [41]

Болезнь	Возбудитель	Симптомы	Меры профилактики и лечение
Амёбная болезнь жабр	Эктопаразит <i>Neoparamoeba pemaquidensis</i>	Паразитизм на жабрах; нарушение дыхания	Ванны с пресной водой
Триходиниаз	Эктопаразит <i>Trichodina spp.</i>	Потемнение покровов; вялость; затруднённое дыхание; трение жаберной крышки и тела о выступающие поверхности	Дезинфицирующие ванны
Скутикоцилиатоз	Экто-, Эндopазит <i>Philasterides dicentrarchi</i>	Кожные язвы; потемневшая кожа; изменения в поведении при плавании; выпученные глаза; вздутие брюшка	Снижение плотности посадки рыбы
Микроспоридиоз	Эндopазит <i>Tetramicra brevifilum</i>	-	Снижение плотности посадки рыбы
Миксоспоридиоз	Эндopазит <i>Enteromyxum scophthalmi</i>	Многочисленные белые кисты на коже и жабрах	Снижение плотности посадки рыбы; полная дезинфекция помещений

Рыбоводный расчёт-обоснование на добычу производителей камбалы-тюрбо для
рыбоводных целей

Показатели	Единицы измерения	Тюрбо
Выпуск молоди	экз.	100 000
Выживаемость молоди после подращивания	%	33
Количество личинок после подращивания	экз.	303 030
Выживаемость личинок после подращивания	%	15
Количество личинок после перехода на активное питание	экз.	2 020 201
Выживаемость личинок после перехода на активное питание	%	40
Количество личинок после выдерживания	экз.	5 050 504
Выживаемость личинок после выдерживания	%	70
Количество выклюнувшихся личинок	экз.	7 215 006
Выживаемость икры после инкубации	%	75
Количество оплодотворённой икры	штук	9 620 009
Процент оплодотворения	%	70
Количество собранной икры от производителей	штук	13 742 871
Общая масса самок	кг	84
Средняя относительная плодовитость самок	штук/кг	400000
Отбраковка самок, не соответствующих рыбоводным требованиям	%	30
Количество самок после выбраковки	экз.	35
Выживаемость производителей при транспортировке	%	100
Количество самок после транспортировки	экз.	50
Выживаемость производителей при кратковременном выдерживании	%	60
Количество самок после выдерживания	экз.	50
Соотношение полов при получении половых продуктов (самки:самцы)	экз.	1:3
Общая масса самок (вылов)	кг.	84
Полное количество самок	экз.	84
Общая масса самцов (вылов)	кг.	100,8
Количество самцов	экз.	252
Общее количество производителей	экз.	336
Средняя масса производителей: самки	кг.	1,0
самцы		0,4
Общий объём добычи производителей	кг.	184,8