

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

На правах рукописи



ХРУСТАЛЕВ ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАСТБИЩНОЙ И ИНДУСТРИАЛЬНОЙ
АКВАКУЛЬТУРЫ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

03.02.06 Ихтиология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени доктора биологических наук

Научный консультант
доктор биологических наук, профессор

Е.В. Микодина

Калининград – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Экологическая характеристика рыбохозяйственных водоемов Калининградской области	14
1.1.1 Калининградский (Вислинский) залив.....	14
1.1.2 Куршский залив.....	20
1.1.3 Виштынецкое озеро	25
1.2 Адаптационные возможности рыб, проявляемые на разных этапах биотехнического процесса	29
1.2.1 Влияние температуры воды на рост, жизнестойкость и созревание рыб.....	29
1.2.2 Влияние газового режима на рыб	35
1.2.3 Влияние гидрохимических показателей на рыб.....	38
1.2.4 Влияние уровня воды, интенсивности водообмена на рост и величину рыбопродукции.....	41
1.2.5 Влияние плотности посадки на рост рыб и величину рыбопродукции	42
1.3 Технологические особенности пастбищной и индустриальной аквакультуры	45
1.3.1 Техническое обеспечение рыбоводного процесса	45
1.3.2 Технологические схемы разведения и выращивания рыб	52
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	72
2.1 Схема исследований.....	72
2.2 Методы исследований	91
3 БИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ	98
4 АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ	126
4.1 Влияние температуры воды на рост и жизнестойкость молоди рыб	126
4.2 Влияние плотности посадки на рост и жизнестойкость молоди рыб	133
4.3 Влияние солености на рост и выживаемость молоди рыб	135
4.4 Влияние рН на рост и выживаемость молоди рыб	141
5 ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС РЫБ, ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ..	145
5.1. Морфофизиологические особенности производителей рыб	145
5.1.1 Рыбец.....	149
5.1.2 Щука	151
5.1.3 Линь	153
5.2 Гематологическая характеристика производителей рыб	154
5.3 Морфофизиологические особенности потомства рыб	159
5.3.1 Рыбец.....	159
5.3.2 Линь	161
5.3.3 Стерлядь	161

5.3.4 Гематологическая характеристика потомства рыб	164
5.4 Иммунологические особенности потомства рыб	167
5.4.1. Фагоцитарная активность лейкоцитов крови годовиков линя	168
5.4.2. Концентрация лизоцима во внутренних органах годовиков линя	169
5.4.3. Фагоцитарная активность лейкоцитов крови сеголетков стерляди, выращиваемых в разных рыбоводных системах	171
5.4.4. Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах сеголетков стерляди, выращиваемых в разных рыбоводных системах	173
5.4.5. Концентрация лизоцима у сеголетков стерляди, выращиваемых в разных рыбоводных системах	174
5.4.6 Концентрация γ -глобулинов в организме сеголетков стерляди, выращиваемых в солоноватой воде	177
5.4.7. Концентрация лизоцима во внутренних органах сеголетков стерляди при разной солености воды	178
6. ПАСТБИЩНАЯ АКВАКУЛЬТУРА	182
6.1 Технические решения	182
6.1.1 Щука	182
6.1.2 Рыбец	183
6.1.3 Линь	188
6.1.4 Стерлядь	190
6.1.5 Угорь	191
6.2 Биотехника искусственного воспроизводства	192
6.2.1 Щука	192
6.2.3 Линь	201
6.2.5 Угорь	207
7. ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ЭКОСИСТЕМ КУРШСКОГО И ВИСЛИНСКОГО (КАЛИНИНГРАДСКОГО) ЗАЛИВОВ И ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО В ЗАРЫБЛЯЕМОЙ МОЛОДИ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ И ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОГО ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА	210
7.1 Расчет приемной емкости экосистем водоемов	211
7.1.1 Рыбец (<i>Vimba vimba L.</i>)	211
7.1.2 Щука (<i>Esox Lucius L.</i>)	212
7.1.3 Линь (<i>Tinca tinca L.</i>)	213
7.1.4 Стерлядь (<i>Acipenser ruthenus L.</i>)	214
7.1.5 Угорь (<i>Anguilla Anguilla L.</i>)	215
7.2 Возможный промысловый возврат и сроки его освоения	217
7.2.1 Рыбец	217
7.2.2 Щука	217
7.2.3 Линь	218
7.2.4 Стерлядь	218

7.2.5 Угорь.....	218
7.3 Ожидаемая эффективность пастбищной аквакультуры	219
8. ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ.....	221
8.1. Рыбоводно-биологические особенности объектов выращивания	221
8.1.1 Стерлядь (<i>Acipenser ruthenus</i> L., 1758).....	221
8.1.2 Клариевый сом (<i>Clarias gariepinus</i> Burchel, 1822).....	231
8.1.3 Канальный сом (<i>Ictaluridae punctatus</i> Raf.).....	250
8.1.4 Судак (<i>Sander lucioperca</i> L.)	259
8.1.5 Угорь (<i>Anguilla Anguilla</i> L.)	280
8.1.6 Радужная форель (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W.).....	296
8.2 Полицикличные технологии выращивания рыбы в УЗВ	300
8.2.1 Режимы эксплуатации маточных стад рыб в УЗВ	300
8.2.2 Режимы выращивания посадочного материала в УЗВ	306
9. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС РЫБ, ОБЪЕКТОВ ТОВАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ.....	318
9.1 Морфофизиологические особенности рыб.....	318
9.1.1 Морфофизиологическая характеристика стерляди	318
9.1.2 Морфофизиологическая характеристика клариевого сома.....	319
9.1.3 Морфофизиологическая характеристика судака	321
9.1.4 Морфофизиологическая характеристика угря	321
9.1.5 Морфофизиологическая характеристика радужной форели	323
9.2 Гематологические особенности рыб	324
9.3 Иммунологические особенности рыб	332
ВЫВОДЫ.....	346
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	348
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	349
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	353
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	354
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	399
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	400
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	409
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	413
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	423
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	443
ПРИЛОЖЕНИЕ 7	451
ПРИЛОЖЕНИЕ 8	530

ВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Развитие рыбного хозяйства на территории Калининградской области традиционно базировалось на освоении водных биологических ресурсов открытого океана, Балтийского моря и его заливов, что определяло развитие соответствующей хозяйственной инфраструктуры и особенности применяемых технологий. Объем вылавливаемой и поставляемой на потребительский рынок морской рыбы в 50-80-е годы превышал 1 млн. т в год, а уровень душевого потребления рыбы в области 40 кг/год. Однако в последние 25-30 лет в связи с резким сокращением океанического флота, потерей ряда продуктивных районов промысла объем вылова сократился более чем в четыре раза. Среднедушевой уровень потребления рыбы населением области снизился до 11-14 кг/год [352].

Не менее разительные изменения произошли в структуре вылавливаемых объектов промысла в южной части Балтийского моря и двух его заливах (Куршском и Калининградском). Прежде всего, эти изменения затронули популяции наиболее ценных видов рыб, относящихся к группе, определяющей экономическую эффективность промысла. Вылов российскими рыбаками угля сократился в Калининградском заливе в 15-30 раз, в Куршском в 120-150 раз, щуки в 5-10 раз, рыба в 10-15 раз. Практически исчез из уловов в Куршском заливе линь (среднегодовой вылов в 60-70-е годы составлял 12-15 т, в отдельные годы до 50 т) [131, 33]. Доминирующими объектами промышленного лова стали «дешевые» виды рыб: в море – килька, салака; в заливах – лещ, плотва, чехонь. Как результат, промысел стал малорентабельным. Соответственно и работа предприятий, связанных с переработкой и реализацией рыбной продукции стала менее эффективной.

В основе уменьшения численности популяций угля, щуки, рыба, налим, линия лежат разные причины [21, 349-351, 177, 188, 89, 33, 487, 563]. Применительно к щуке, рыбку, налиму, линю основной причиной следует назвать те негативные изменения, которые затронули нерестовый биотоп. Начали они проявляться после зарегулирования в районе г. Каунас в середине-конце 60-х годов прошлого столетия р. Неман, которая является основной нерестовой рекой для рыба и влияет на водный баланс бассейна Куршского залива, в том числе многочисленных малых нерестовых рек.

В частности, это проявилось в сокращении периода весеннего половодья и изменении водности рек. Что негативно отразилось на эффективности естественного воспроизводства щуки. Еще более усугубило ситуацию с воспроизводством щуки сокращение на 50% площади нерестилищ по причине восстановления в 60-70-х годах гидротехнических сооружений на пойменных территориях и включение их в сельскохозяйственный оборот [350, 351]. Примерно

такой же величиной определяют потерю площадей нерестилищ рыба, располагавшихся выше г. Каунаса [177].

Наши данные показывают достаточно стабильное состояние популяций лия в нерестовых реках, впадающих в Куршский залив [33, 89]. Однако, в Куршском заливе он исчез из статистики уловов к началу 90-х годов. Что, с одной стороны, может говорить об отсутствии пополнения Куршского залива молодью лия со стороны рек, ввиду отсутствия стимулов и ориентиров для ее ската, с другой стороны, о существовавшей самовоспроизводящейся в заливе популяции лия в 50-70-е годы прошлого столетия. Однако, высокий уровень эвтрофикации залива, достигнутый к 80-м годам, создал неблагоприятные условия для естественного воспроизводства лия. Массовое развитие сине-зеленых водорослей, дополняемое антропогенным загрязнением, негативно проявилось, прежде всего, на ранних стадиях развития потомства лия, когда, очевидно, имеет место массовая гибель эмбрионов и личинок.

Еще одной причиной, объясняющей современный кризис популяций ценных видов рыб, в частности с осенне-зимним (балтийский сиг, налим) и ранневесенним (щука) нерестом является заметное (в 1,5-2 раза в среднемесечном исчислении) повышение температуры воды в ноябре-марте. Тенденция, связанная с этим, начала проявляться с середины 80-х годов. Именно в последние 30-35 лет отмечается наибольшее снижение уловов названных видов рыб [487].

До середины 70-х годов в Куршском заливе и середины 80-х годов в Вислинском угорь, занимая 3-4 место по объему вылова среди всех объектов промысла, находился на первом месте по доходам, получаемым рыбаками от его реализации и по праву считался основным экономикообразующим объектом промышленного лова в этих двух основных рыбохозяйственных водоемах области. Однако, затем произошло резкое сокращение его вылова в Куршском заливе и в последние десять лет общий объем его в российской части не превышал 1 т, в литовской – 5 т. В Вислинском заливе сокращение уловов шло медленнее, что можно связать с имевшей до 1994 г. практикой зарыбления Польшей залива стекловидным угрем. Но уловы последних лет (4-5 т), подтверждают общую тенденцию [131; 194; 415; 33, 265, 325, 326, 338]. В основе, которой общая депрессия его популяций в пределах естественного ареала. Так, за последние сто лет количество стекловидного угря, заходящего в реки Западной Европы, уменьшилось на 2 порядка, и это не могло не сказаться на резком уменьшении количества угря в нагульной части ареала [518].

Экономическая эффективность промысла в упрощенной форме складывается из двух основных составляющих: количества выловленной рыбы и качественного состава уловов. На рис. 1 показано, как на протяжении 70 лет менялся объем вылова рыбы в Куршском заливе и качественный состав уловов. Период 1947-1956 гг. – это время становления промышленного лова, когда среднегодовой объем его приблизился к 3,4 тыс.т. Расцвет же его был отмечен, ко-

гда уловы достигли максимума в 4,2-4,6 тыс.т пришелся на 1957-1976 гг. В это время были достигнуты максимальные среднегодовые выловы плотвы (около 1100 т), окуня (220 т), корюшки (350 т), сетка (950 т), линия (12 т), щуки (140 т), угря (300 т). На стабильно высоком уровне были среднегодовые уловы леща (1100 т) и судака (330 т).

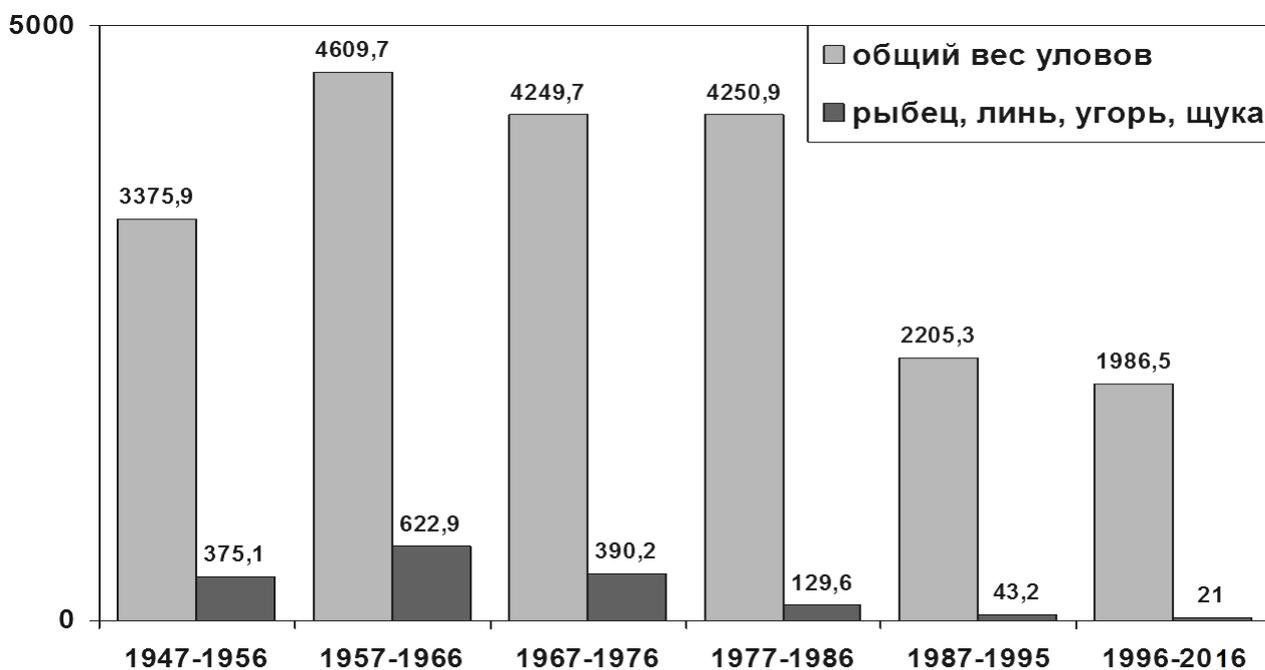


Рисунок 1 - Динамика уловов рыбака, угря, линя и щуки в Куршском заливе

В совокупности, общий доход от реализации рыб, в сопоставимых с современным (2009 г) уровнем ценах, достигал в среднегодовом исчислении 166-168 млн. руб. (4750-5400 тыс. евро). На этот же период пришелся количественный рост флота [252]. При этом возрастание эффективности промысла подтверждается снижением численности рыбаков.

К примеру, в 1947 – 1956 годах на одного рыбака ежегодно вылавливалось около 4,6 тонн рыбы, а в 1957 – 1976 гг. – около 9 т. В стоимостном выражении один рыбак в первый период приносил в среднем около 120 тыс. руб. дохода в год, во втором – около 330 тыс. руб. В переломные 1987 – 1995 гг. вылов на одного рыбака составил около 4,4 т, а доход от выловленной рыбы около 105 тыс. руб. в год. То есть, показатели эффективности достигли самого низкого уровня по сравнению с предшествующим периодом. В настоящее время эти показатели выглядят следующим образом: 4 т и 84 тыс. руб. на одного рыбака, - что говорит о продолжающемся падении эффективности промысла в Куршском заливе. Подтверждением этому служат цифры, отражающие динамику стоимости уловов на 1 га акватории залива, приведенные на рис. 2.

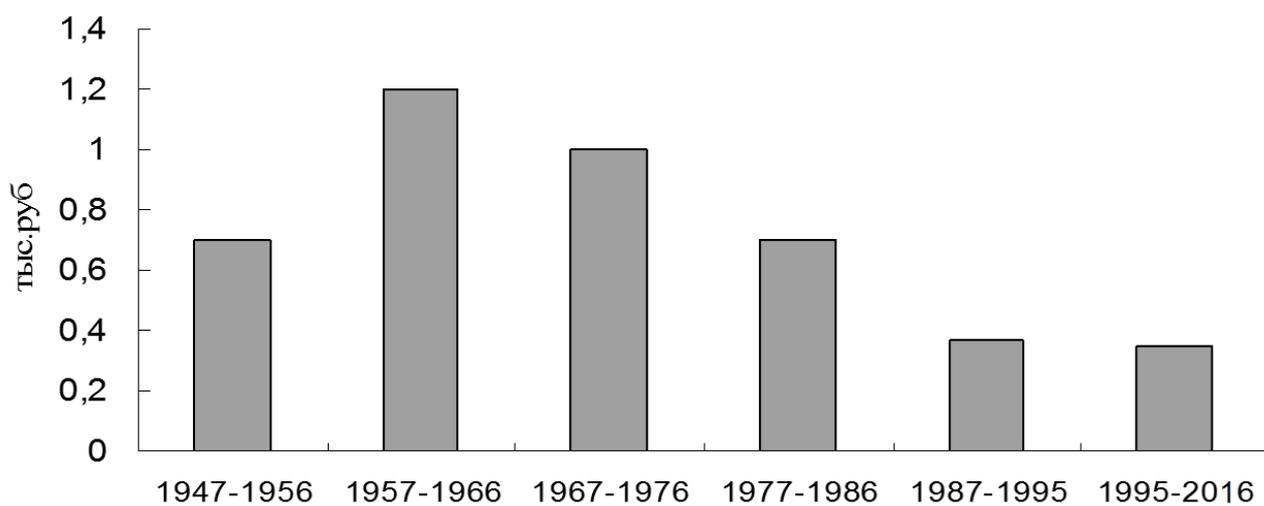


Рисунок 2 – Динамика стоимости уловов на 1 га акватории Куршского залива

В основе негативной тенденции не только уменьшение общего объема вылова рыбы, но также и существенное выбытие из промысла наиболее ценных видов рыб, к которым можно отнести угря, щуку, рыбца и линя [89, 177, 188, 447, 454].

В период 1947-1956 гг. доля указанных видов рыб в общем объеме вылова составляла около 11, а в стоимостном – 40%. В период 1957-1966 гг. уже 13,5 и 53%, соответственно, в 1967-1976 гг. 9 и 43%, в 1977-1986 гг. отмечено резкое снижение доли ценных видов до 3 и 16%, соответственно. В 1987-1995 гг. этот процесс еще больше усугубился (2 и 7%), а за два последних десятилетия достиг максимально низкого уровня (1 и 4%, соответственно).

С учетом анализа причин, вызвавших резкое сокращение численности популяций ценных видов рыб в рыбохозяйственных водоемах Калининградской области и целесообразности восстановления их роли как экономикообразующих объектов промысла очевидна необходимость организации их искусственного воспроизводства [197].

Принятая для ЕЭС и России (по данным института питания РАМН) физиологически обоснованная норма потребления выращенной рыбы должна составлять не менее 3-5 кг на душу населения в год [502].

Если эта норма обеспечивается, то можно говорить о качественной стороне питания населения. В ЕЭС в настоящее время выращивают около 1800 тыс. т рыбы и уже превышена нижняя планка указанного норматива. В России эта величина близка к 1,0-1,2 кг. В Калининградской области – около 0,05 кг. У ближайших соседей Польши и Литвы более 1 кг [326, 420, 502].

Из этих данных видно, что в Калининградской области до настоящего времени отсутствовали стратегия и тактика развития аквакультуры и рыбного хозяйства в целом, ориентированные на обеспечение качественного питания населения, соответствующего современным требованиям.

Рассматривая индустриальную аквакультуру как альтернативу рыболовству с позиции восполнения убыли рыбных ресурсов в рыбохозяйственных водоемах и увеличения и улучшения количественной и качественной сторон питания населения региона, следует учитывать, что произошедшие за последние 30 лет преобразования в экономике страны, в том числе Калининградской области, перевод ее на рыночную основу определяют выбор новых путей развития аквакультуры, учитывающих как базовый элемент обязательную самокупаемость производств, доступность выращиваемой рыбы по цене и ассортименту различным слоям населения. А это обосновывает необходимость разработки новых эффективных технологий разведения и выращивания разных видов рыб, биологический статус которых позволяет максимально реализовать ростовую, репродуктивную и адаптогенную потенцию в определенных условиях.

Наконец, предложение новых технологий и объектов выращивания должно учитывать возможность в реальные, согласующиеся с емкостью внутреннего потребительского рынка, временные сроки довести производство товарной рыбы до уровня, соответствующего физиологически обоснованной норме потребления (3-5 кг/год на душу населения), в абсолютной величине, составляющей для региона 3-5 тыс. т в год.

Степень разработанности темы исследований. В регионе отсутствует сколь-нибудь масштабная практика искусственного воспроизводства ценных видов рыб и товарного рыбоводства. Вместе с тем восстановление промысловых запасов угря, рыбака, щуки, линя в заливах Калининградской области, а также озере Виштынецком, основанное на использовании индустриальных методов разведения и выращивания посадочного материала, прежде всего, на базе установок замкнутого цикла водообеспечения (УЗВ), учитывающее временную структуру нерестового хода производителей, сроки выпуска молоди на пастбищный нагул, ожидаемый промысловый возврат, позволит существенно повысить эффективность рыбохозяйственной деятельности на промысловых водоёмах.

Практика индустриальной аквакультуры показывает, что она имеет перспективу ускоренного развития на основе индустриальных методов разведения и выращивания, прежде всего на базе УЗВ. Исследования в данном направлении аквакультуры проводились известными учеными: Э.В. Бубунец (2016), Л.Н. Васильева (2000), В.А. Власов (2005, 2013), А.В. Жигин (2009, 2011), А.Ю. Киселев (1997), С.В. Пономарев (2009, 2013), Ю.А. Привезенцев (2008), И.В. Проскуренок (2003), Е.В. Микодина (1997), В.И. Филатов (1991), J. Adamek (2005), J. Bovendeur (1984), J.E. Huguenin (2002), J. Colt (2002), M. Szkudlarek (2007), Z. Zakes (2005, 2009) M.B. Timmons (2010), J.M. Ebeling (2010).

Специфика создаваемых в УЗВ условий позволяет в наибольшей степени реализовать у рыб ростовую, адаптогенную и репродуктивную потенцию. При этом спектр выращиваемых

рыб должен быть ориентирован на обеспечение потребностей в рыбе всех социальных групп населения.

Таким образом, изучение особенностей разведения и выращивания объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры, преимущественно на базе УЗВ, создание новых технологий получения качественного посадочного материала и товарной рыбы актуально как с научной, так и практической точек зрения и имеет важное значение для региона.

Цель исследований. Целью настоящих исследований являлась разработка научно-практических основ для создания эффективных технологий пастбищной и индустриальной аквакультуры в Калининградской области.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- оценить особенности раскрытия биологической потенции у рыб, объектов пастбищной аквакультуры;
- изучить адаптационные возможности молоди рыб, соответствующие особенностям условий выращивания;
- установить морфофизиологический, гематологический и иммунологический статус производителей и потомства различных видов рыб, объектов пастбищной аквакультуры;
- разработать новые технологии искусственного воспроизводства различных видов рыб, объектов пастбищной аквакультуры;
- рассчитать приемную емкость экосистем Куршского и Калининградского заливов, озера Выштышецкого в зарыбляемой молоди ценных видов рыб и оценить величину возможного промыслового возраста;
- обосновать производственный потенциал искусственного воспроизводства ценных видов рыб в бассейне Куршского и Вислинского заливов;
- оценить ростовую, адаптогенную и репродуктивную потенцию рыб, объектов товарного выращивания в установках с замкнутым циклом водообеспечения;
- разработать новые технологии товарного выращивания различных видов рыб в УЗВ.
- установить морфофизиологический, гематологический, иммунологический статус рыб, выращиваемых в установках с замкнутым циклом водообеспечения;

Научная новизна работы. Впервые дана комплексная оценка временной структуры нерестового хода производителей ценных промысловых видов рыб, обосновывающая оптимальные параметры биотехнического процесса их воспроизводства. Впервые установлен морфофизиологический, гематологический, иммунологический статус производителей рыб и их потомства, объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры. Впервые дана оценка адаптационным возможностям молоди рыб в условиях воздействия основных, лимитирующих их пастбищный нагул, абиотических факторов. Впервые проведено теоретическое обоснование

расчета приемной емкости экосистем рыбохозяйственных водоемов во вселяемой на пастбищный нагул молоди рыб.

Впервые обоснованы многовариантные полицикличные технологические схемы выращивания посадочного материала и товарной рыбы в УЗВ. Впервые разработаны рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры.

Практическая и теоретическая значимость работы. В результате проведенных исследований разработаны теоретические и технологические принципы пастбищной и индустриальной аквакультуры. Впервые в истории на территории Калининградской области осуществлено введение в рыбохозяйственный оборот радужной форели, стерляди, клариевого сома, судака, угря, освоено искусственное воспроизводство щуки и линя. Разработаны технологии разведения и выращивания в УЗВ судака, канального сома и ремонтно-маточного поголовья радужной форели и её потомства. Разработанные рыбоводно-биологические обоснования искусственного воспроизводства и зарыбления рыбохозяйственных водоемов молодью угря, рыбца, щуки, линя, стерляди, в основу которых положены установленная приемная емкость и технологии разведения рыб, являются основой функционирования действующих и будущих производств, потенциал которых также обоснован в рамках настоящей работы. Полицикличные схемы выращивания посадочного материала и товарной рыбы в установках с замкнутым циклом водообеспечения положены в основу функционирования рентабельных производств.

Материалы диссертации вошли в ряд опубликованных монографий, учебников, рекомендаций, инструкций, технологий, рыбоводно-биологических обоснований, практических руководств для рыбоводных предприятий. Материалы исследований используются при чтении учебных курсов дисциплин по направлениям бакалаврской (35.03.08) и магистерской (35.04.07) подготовки (индустриальное рыбоводство, специальные методы выращивания рыб, товарное рыбоводство, товарное лососеводство, товарное осетроводство, выращивание гидробионтов в УЗВ, современные проблемы и перспективы развития аквакультуры, пастбищная аквакультура).

Методология и методы исследований. В исследованиях использованы методы, включающие анализ литературных данных посвященных оценке экологического состояния пастбищных водоёмов на территории Калининградской области и рыбных запасов, включая объекты изучения. Сделан анализ данных об адаптационных возможностях объектов исследований и продуктивных особенностях производителей и их потомства. Дана оценка техническим средствам и принципам эксплуатации УЗВ. Проанализированы особенности реализации у рыб в разных условиях ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции. Рассмотрены разные технологические схемы разведения и выращивания рыб. На основании экспериментальных и

производственных работ разработаны технологии пастбищной и индустриальной аквакультуры и рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания рыб.

Морфометрические, морфофизиологические, гематологические, иммунологические исследования, относительный средне-суточный прирост, скорость массонакопления, продуктивные характеристики производителей и качество половых продуктов, контроль температурного, газового режима, величины водородного показателя, концентрации соединений азота, солёность, эффективности кормления проводили по общепринятым в рыбоводстве науке методикам [4, 17, 48, 72, 74, 127, 146, 172, 186, 187, 189, 208, 298, 307, 331, 348, 359, 371].

Положения, выносимые на защиту:

1. Новые технологические решения в пастбищной аквакультуре основаны на учете временной структуры нерестового хода производителей или завоза посадочного материала, методов управления созреванием производителей, создания оптимальных условий для выращивания посадочного материала и сроках его выпуска в рыбоводственные водоемы, соответствующих адаптационным возможностям молоди рыб.

2. Производственный потенциал пастбищной аквакультуры определяется выбором водисточников, приемной емкостью экосистем рыбоводственных водоемов в зарыбляемом посадочном материале, его возрастными и размерно-весовыми кондициями, применяемыми технологиями разведения и выращивания.

3. Рыбоводно-биологические особенности объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры, разработанные технологии их разведения и выращивания определяют перспективу развития региональной аквакультуры.

4. Полицикличные технологии выращивания посадочного материала и товарной рыбы в установках с замкнутым циклом водообеспечения позволяют получать максимальную величину рыбопродукции с заданными размерно-весовыми параметрами.

5. Морфофизиологический, гематологический и иммунологический статус рыб соответствует специфическим условиям содержания.

Личный вклад автора заключается в обосновании цели и задач исследований, достижении результатов, формировании выводов и подготовке публикаций. Результаты более чем 30 летних исследований принадлежат лично автору, а также получены при его научном и методическом руководстве и участии.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения диссертации были представлены на ученых советах ВНИИПРХ (1983-1985 гг.) [452, 481, 482], научных конференциях профессорско-преподавательского состава КТИРПХ, ФГБОУ ВПО «КГТУ» в 1987-2001 гг., международных научных конференциях «Инновации в науке и образовании» (Калининград, 2002-2014 гг., Балтийский форум 2015-2019 гг.) [115, 178, 179, 189, 226- 228, 267,

268, 335, 337, 345, 384, 399, 408, 419, 453, 470, 472, 474, 476-483], Всесоюзном семинаре по интенсификации форелеводства (Москва, 1987) [427], III Всесоюзном совещании по новым объектам и новым технологиям рыбоводства на теплых водах (Москва, 1989) [288], Всесоюзном совещании по рыбохозяйственному использованию теплых вод (Курчатов, 1990) [261]. Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России» (Адлер, 2001) [473, 475]. На IV международной научно-практической конференции «аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития» (Астрахань, 13-15 марта 2006 г.) [77, 467], научно-практической конференции «Результаты и перспективы акклиматизационных работ» (Клязьма, 2007) [468], международной конференции «Виштитис-Форум» (Виштитис, Литва, 2009) [118, 134, 383], Международных семинарах, учебных тренингах в рамках проекта ТАСИС №2007/138-583 [264, 287, 329, 466], Международном симпозиуме «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» (Астрахань, 2007) [257, 418], на международной конференции «Actual status and active protection of sturgeon fish populations endangered by extinction (Olsztyn 5-7 th march, 2008) [520, 535], 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being” (Jelgava, 2014) [548], 11th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food science and technology in a changing world” (Jelgava, 2017) [560], Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ (Казань, 24-29 октября 2016 г.) [242, 284], Международном научном форуме Южного научного центра Российской академии наук «Достижения академической науки на Юге России (Ростов-на-Дону, 2017) [297]. Результаты работы удостоены премии Калининградской области «ЭВРИКА» за 2015 г.

Публикации по теме диссертации. Опубликовано 74 печатные работы теоретического и практического плана, в том числе: 5 статей из базы данных Web of Science, 45 статей в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, в 7 материалах международных научных конференций, 4 монографиях и 12 патентах.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 533 страницах, в числе которых 73 таблицы и 79 рисунков. Состоит из введения, 9 глав, заключения и выводов, списка использованных источников из 568 работ, включая 73 иностранных, 8 приложений, в числе которых 71 таблица и 75 рисунков.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Экологическая характеристика рыбохозяйственных водоемов Калининградской области

1.1.1 Калининградский (Вислинский) залив

Залив находится в юго-восточной части Балтийского моря, в Гданьском заливе, от которого отделен песчаной косой (Вислинская, Балтийская) (рис. 3). С Балтийским морем залив соединен Балтийским проливом, который располагается в северо-восточной части залива на территории Калининградской области [29]. Через пролив осуществляется водообмен между заливом и морем. При западном, северо-западном, северном направлении ветров происходит приток более соленой воды в залив со стороны моря. При восточном и южном направлении ветров имеет место сток воды из залива в сторону моря. Соответственно этим явлениям может быть колебание уровня воды в заливе [82]. А также солености, на величину которой оказывают влияние приток воды из моря и сток в чашу залива пресной воды из наиболее мощной по годовому расходу р. Преголя [25]. В общий баланс вносят рр. Прохладная, Нельма, Приморка и др., протекающие по российской территории, а также реки, протекающие на территории Польши [121].



Рисунок 3 – Калининградский (Вислинский) залив

В результате взаимодействия притока воды со стороны моря и стока пресной воды со стороны материка средняя соленость воды в заливе составляет 3,75 – 3,85 ‰. Колебание солености в разные годы может отмечаться в диапазоне от 1,35 до 6,04 ‰ [29, 121].

Анализируя данные за многолетний период следует признать решающее влияние на формирование соленостной составляющей в водном балансе залива притока воды со стороны моря. Влияние речного стока по значимости стоит на втором месте (табл. 1). Особый режим формирования качественного и количественного состава воды в Калининградском заливе следует свя-

зывать с отделением русловой части р. Преголя на участке от г. Калининграда до Балтийского пролива грядой искусственных островов. В результате изменяется характер водообмена между р. Преголей и основной частью залива. Особенно в период преобладания стока воды из залива в сторону моря [82].

Таблица 1 - Водный баланс Вислинского залива

Показатели	Приход, км ³	Расход, км ³
Приток воды из моря	17,0	-
Сток в море	-	20,55
Материковый сток	3,6	-
Осадки	0,6	-
Испарение	-	0,65
ИТОГО:	21,2	21,2

Площадь Вислинского залива составляет 838 км² или 83,8 тыс. га [121]. Из них на российскую часть (Калининградский залив) приходится 49,5 км² или 49,5 тыс. га [25]. Средняя глубина залива составляет 2,7 м. Российская часть более глубоководная (3,1м), в ней зафиксирована максимальная глубина – 5,2 м [333].

Среднегодовая температура воздуха в зоне залива составляет 7 – 7,5 °С. Февраль самый холодный месяц, июль-август – самые теплые. Максимальная температура воздуха в июле – августе до +35,4 °С, минимальная в феврале – до -33,3 °С [121].

Изменение температуры воздуха опосредуется в температуре воды. В июле – августе температура воды может повышаться до 25,4 – 26,1°С. Среднее значение температуры воды в июле – августе (гидрологическое лето) около 20 °С (19,6 – 20,2 °С). Зимой после образования стабильного ледового покрова отмечают самую низкую температуру (0,3 – 0,5 °С в январе - феврале). В теплые зимы температура воды может быть в декабре 2,5 °С, марте 3,8 °С. Встречаемость мягких зим достигает 49 % [29, 121]. Относительная мелководность залива определяет отсутствие сколь-нибудь значимой стратификации вод по температуре воды. Но есть зона, вблизи Балтийского пролива, весной, а также в июне – июле, когда суточные колебания температуры воды составляют 0,5 – 1,5 °С. Иногда достигают 8 °С [121]. Эти проявления закономерно связаны с взаимодействием морской и заливной воды в зоне прямого контакта.

Концентрация растворенного в воде кислорода зависит от жизнедеятельности гидробионтов, газообмена между поверхностью воды и атмосферой, а также притока речных и морских вод, термического режима [121]. На концентрацию кислорода в воде может влиять сброс промышленных и бытовых стоков разной степени очистки.

Среднегодовое поступление в залив фосфора составляет 3 – 5 г/м², при допустимой 0,13 г/м². По азоту, соответственно, 36 – 58 г/м² и 2 г/м². Столь значимая нагрузка на экосистему залива эвтрофицирующих факторов антропогенного происхождения компенсируется в опреде-

ленной степени высокой скоростью водообмена (до 5 раз в год), осадением азота и фосфора в донных отложениях и вынесением биогенов в море. Соотношение азота и фосфора и их концентрации в воде залива определяют ежегодное цветение воды, вызываемое массовым развитием сине-зеленых водорослей, способных фиксировать атмосферный азот [121].

По ряду критериев можно признать, что эвтрофирование залива не достигло критического уровня [121]. Дополнением к этому служат данные о гидрологическом режиме (табл. 2).

Таблица 2 - Гидрологический режим Вислинского залива

Показатели	Месяцы										Среднее значение	ПДК
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
Температура, °С	0,2	2,6	8,3	14,4	18,2	18,2	20,5	13,7	9,8	4,7	11,1	-
Соленость, ‰	-	3,4	2,6	3,1	3,6	3,8	4,3	4,2	4,5	4,3	3,8	-
Кислород, мг/л	-	13,7	14,5	10,8	10,4	9,8	9,8	9,8	10,9	12,1	11,0	6,0
Минеральный фосфор, мкг/л	104	25	15	16,5	46	48	97	40	48	46	48,4	200,0
Азот нитратный, мкг/л	152	865	466	93	26	70	26	37	72	207	201,3	9100,0
БПК ₅ , мг О ₂ /л	-	5,7	6,4	5,0	4,4	4,2	4,9	3,3	3,6	3,7	4,6	2,0
Прозрачность, м	-	0,7	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	-

Повышенное содержание солей в воде залива определяет преимущественно щелочную реакцию. Величина pH может достигать 9,3. Снижение величины водородного показателя до самого низкого значения (7,3) отмечают только зимой подо льдом в период превышения в водном балансе речного стока над притоком воды со стороны моря.

Сообщества гидробионтов в заливе представлены группами организмов, формирующих трофические цепи, конечным звеном которых являются рыбы.

Основу питания мирных рыб (лещ, плотва, густера, укля, линь, красноперка, ерш, снеток) и рыб с более сложной структурой (чехонь, окунь) составляют зоопланктонные и зообентосные организмы [413, 414]. Причем чехонь, которую относят к облигатным хищникам, первые 2 – 3 года жизни типичный зоопланктофаг, в более позднем возрасте в питании у нее преобладает молодь рыб [411, 414]. Массового развития типичные зоопланктофаги (снеток, корюшка) в заливе не получили. Поэтому зоопланктон следует рассматривать как основу питания молодежи большинства видов рыб на личиночных и мальковых этапах развития. Наибольший уровень потребления зоопланктона отмечают у молодежи салаки во второй половине мая – июне, когда биомасса его снижается, примерно, на порядок, что служит сигналом миграции молодежи в море [269]. Из 46 видов зоопланктонных организмов в российской части залива коловратки представ-

лены 27, ветвистоусые ракообразные 9, веслоногие 10. Максимально видовое разнообразие в зоопланктонных сообществах проявляется в июле – августе при высокой температуре воды, что характерно для водоемов, расположенных в зонах с умеренным климатом [121, 256].

В динамике численности и биомассы зоопланктона отмечают два пика в мае, когда температура воды повышается до уровня оптимальной для большинства видов и августе, когда снижается до оптимальной [121]. Средняя биомасса зоопланктона в течение вегетационного сезона составляет 1 г/м^3 , средняя величина продукции 5 г/м^3 или $15,7 \text{ г/м}^2$. В расчете на всю площадь залива 13160 т, в российской части – 7430 т. Продукция зоопланктона составляет 2,7 % от первичной продукции [240, 241].

Зообентос в заливе представлен, в основном, хирономидами (*chironomus semiridictus*), моллюсками (*micoma baltica*, *mya arenaria*), полихетами (*nereis diversicolor* и др.), олигохетами (*zinnodrilius calaparedeanus*, *potamothrix hammoni*). В последние 20-25 лет произошли изменения в структуре бентосных сообществ. Если в 80-х гг. доля хирономид в составе бентоса составляла 80 %, олигохет 11,4 %, моллюсков 4,4 %, полихет 4 %, то в настоящее время долю хирономид и полихет оценивают по 30 %, моллюсков 19 %, а олигохет 16 % [121].

Наиболее массово хирономиды присутствуют к северо-востоку и юго-западу от м. Северный и в Приморской бухте. Среднемесячная биомасса хирономид здесь составляет $11,6 \text{ г/м}^2$, а среднегодовая биомасса кормовых беспозвоночных от 11,9 до $69,8 \text{ г/м}^2$. Годовая продукция хирономид в российской части залива в 80-е годы составляла 891 кг/га или 42135 т. Биомасса составляла 105,2 кг/га [385]. После перестройки структуры зообентоса годовая продукция уменьшалась на одну треть [168, 269, 411, 414].

Получившие массовое развитие в заливе полихеты определили специализацию в питании угря, что опосредовалось также в форме рыла, его заострении. По этой характеристике популяцию угря в Калининградском заливе следует отнести к острорылой форме. В Куршском заливе, где основу питания угря составляла рыба, у угря ввиду необходимости иметь более мощный челюстной аппарат, преобладала тупорылая форма [412, 414].

Полихеты в Калининградском заливе распространены, прежде всего, в центральной части залива, где воздействие морской воды более выражено. Среднемесячная биомасса полихет составляет $3,3 \text{ г/м}^2$. В отдельные годы может снижаться до $0,05 \text{ г/м}^2$, в другие повышаться до $10,8 \text{ г/м}^2$. В отдельных районах до 60 г/м^2 . Годовая продукция полихет в 80-е годы в российской части составляла 30,6 кг/га или 1450 т. После перестройки структуры зообентоса возросла до 10 тыс. т. Но изменения в структуре бентосных сообществ идут постоянно в соответствии с динамическими процессами в водном балансе.

Моллюски в своем распространении привязаны к центральной и северо-западной частям залива. Отмечена прямая связь биомассы моллюсков и солености воды. В районах с наиболь-

шей соленостью отмечена биомасса более 90 г/м². Среднегодовая биомасса достигает 5,8 – 20 г/м².

Олигохеты более равномерно распределены по акватории залива. Годовая продукция составляет 59,2 кг/га или 2800 т в российской части залива. Общая кормовая продукция зообентоса в российской части залива составляет 989,2 кг/га или 46,8 тыс. т. Величина биомассы и продукции испытывает влияние температуры воды, солености и других факторов.

Если продукция зоопланктона составляла 2,7 %, то продукция зообентоса 8,1 % от первичной продукции [194, 414]. На основании этого можно говорить об эффективной передаче энергии от первичной продукции на следующее звено трофической цепи.

В июне – начале августа, когда существенно снижается биомасса зоопланктонных и зообентосных организмов, резервной пищей для рыб становятся мизиды, наибольшие концентрации которых отмечают в июле (до 37 г/м²) на глубине 3 – 3,5 м. Среднегодовая биомасса мизид в заливе около 0,1 г/м², в пересчете на российскую часть залива 47,3 т. Величина продукции составляет около 500 т.

Рыбы-бентофаги в заливе составляют основу промысла. Промысловая рыбопродуктивность по ним достигает 10 – 11 кг/га. С учетом кормового коэффициента равного 12 – 15, обеспеченность бентофагов пищей в заливе высокая. Подтверждением этому служат данные об упитанности рыб, которая одна из самых высоких в пресноводных и солоноводных водоемах умеренных широт.

Ихтиофауна залива представлена 50 видами и подвидами. Основу уловов составляют три вида: лещ, судак и чехонь. Ниже уловы плотвы и окуня.

Общий вылов рыб в российской части залива в последние 20 – 25 лет составлял 600 – 700 т/год, столько же примерно в польской части. Здесь не учтены данные о вылове салаки в путинный период (март – май), которые в этот период колебались от 2 до 4 тыс. т [376, 377]. Большую часть года салака нагуливается в море, а продолжительность нахождения молоди в заливе не превышает 2 – 2,5 мес.

Обращает внимание отсутствие статистики уловов щуки, являющейся важным биологическим мелиоратором в водоемах. Очевидно, это связано с ограниченным нерестовым биотопом (р. Прохладная и несколько относительно маловодных речек и ручьев).

Динамика численности рыб, составляющих основу промысла, сохранилась в последующие годы, подтверждается данными таблиц 3, 4. Самой низкой эффективности специализированный лов угря достиг в последние 8 лет [376]. Максимальный среднегодовой вылов угря на всей акватории залива в 1978-1987 гг. составил около 300 т/год. Российская доля составила 33 % [31].

Таблица 3 - Величина общего допустимого улова (ОДУ) в российской части Вислинского залива в период 2002-2013 гг., т

Виды рыб	Общий допустимый улов рыб											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Лещ	300,0	270,0	248,3	244,8	244,8	258,0	228,0	278,4	282,0	288,0	289,0	291,7
Судак	200,0	180,0	179,2	155,8	156,2	134,4	137,0	149,9	146,5	147,0	147,0	148,9
Угорь	50,0	60,0	69,9	67,8	67,8	67,1	67,1	69,7	70,1	47,5	28,8	19,5
Чехонь	100,0	100,0	74,9	99,7	81,7	90,3	90,3	81,9	78,0	77,5	79,0	79,0
Плотва	100,0	100,0	95,1	97,6	91,1	90,0	90,1	116,5	90,0	95,0	98,0	98,0
Окунь	10,0	10,0	13,6	14,8	11,9	11,7	11,7	37,9	30,0	27,8	48,8	48,0

Таблица 4 - Вылов рыбы в российской части Вислинского залива в период 2002-2013 гг., т

Виды рыб	Общий вылов рыбы											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Лещ	287,7	224,8	110,2	196,0	239,4	242,8	196,4	176,1	273,4	282,3	272,2	280,6
Судак	161,6	97,5	93,2	112,7	151,1	124,9	118,0	90,1	135,0	143,2	133,8	140,8
Угорь	48,2	48,1	39,3	49,2	53,7	35,8	15,4	9,1	15,5	7,9	4,8	4,4
Чехонь	82,5	85,7	46,7	88,9	69,5	74,2	65,0	51,2	68,2	71,8	64,5	58,2
Плотва	61,5	75,3	53,6	78,6	83,7	72,0	53,8	48,7	72,8	80,8	74,1	80,9
Окунь	9,3	7,6	7,2	12,7	11,2	10,0	9,2	23,3	30,6	42,7	31,6	25,5

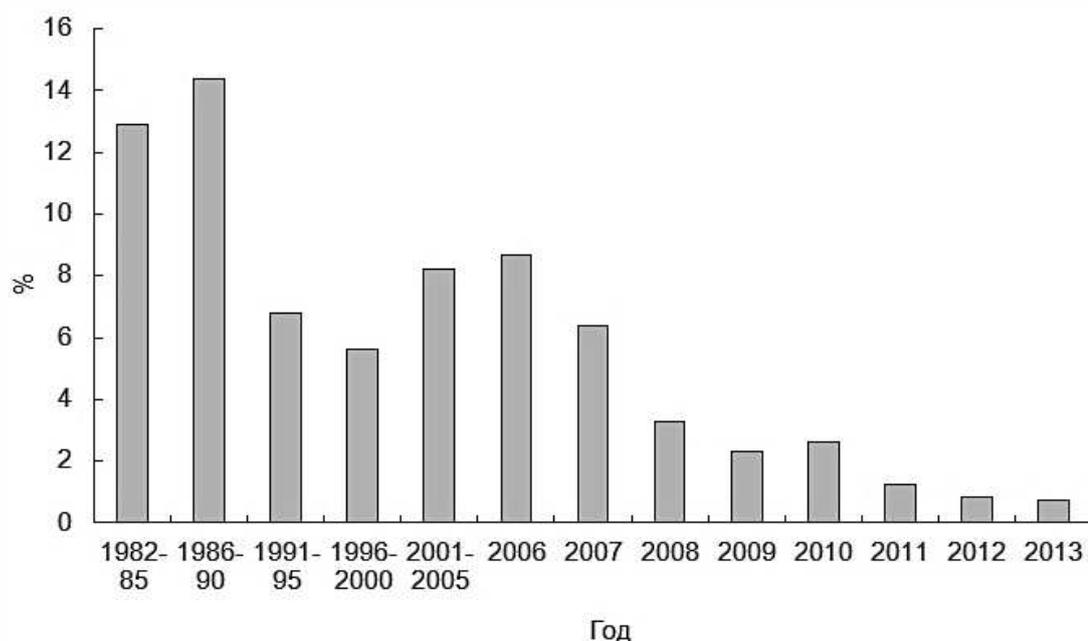


Рисунок 4 – Динамика уловов угря, % к общему вылову

Таким образом, при признании экологических условий в Калининградском заливе, в целом, удовлетворяющими биологическим требованиям, обитающих в нем рыб, следует применить научно-технические и организационные механизмы, способные восстановить численность популяции угря, увеличить присутствие в экосистеме залива важнейшего биологического мелиоратора и ценного объекта промысла, каким является щука.

1.1.2 Куршский залив

Куршский залив находится к востоку от Вислинского (Калининградского) в пределах центральной части юго-восточной Балтики. Залив отделен от моря Куршской косой, в вершине которой расположен Клайпедский пролив, соединяющий залив с морем (рис. 5) [25, 121].

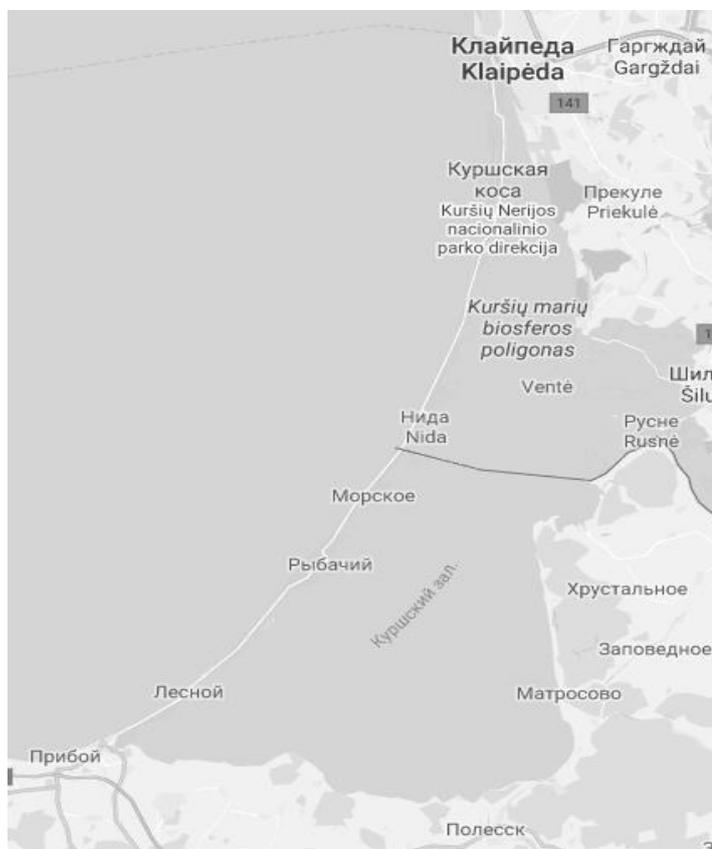


Рисунок 5 – Куршский залив

Залив следует рассматривать как промежуточное звено между впадающими в него реками, ручьями, каналами и морем. Наибольший вклад в водный баланс вносит сток реки Неман. Помимо этой реки следует выделить р. Немонин, которую по водности можно поставить на второе место. Особый гидрологический режим свойственен р. Дейма, имеющей искусственное происхождение и соединяющей р. Преголя (впадает в Калининградский залив) с Куршским заливом. Поэтому при южных, юго-западных ветрах отмечают, как правило, направление движения воды в сторону залива. При западных, северо-западных и северных ветрах в сторону р. Преголя [121, 339].

Ветровой режим влияет на уровень воды в заливе. При восточном ветре он понижается, при западном, северо-западном, северном направлении повышается [494]. В заливе заметно выражены сгонно-нагонные явления. Наши наблюдения в течение четырех лет за уровнем воды в р. Немонин показали, что максимальное снижение уровня воды, отмечаемое летом при стабильных ветрах восточного направления, может составлять 0,5 м. Максимальное повышение на

0,8 м, когда доминировали ветра северо-западного и северного направления [89]. Ураган 6 – 8 августа 2006 г., при доминировании северо-западного ветра, привел к повышению уровня воды на 1,5 м от фиксируемой «0» отметки на конструктивном элементе шлюза у инкубационного цеха рыболовецкого колхоза им. Матросова [188].

При нагоне воды в реки и ручьи в них существенно изменяется химический состав воды. В частности, повышается рН, содержание нитритов и нитратов, сульфатов, солей, изменяется температура воды. В осенне-зимний период преобладают юго-западные ветры, в весенний – северные, в летний – западные, северо-западные, восточные [121].

При сильных нагонных ветрах в залив проникают большие массы морской воды, что может приводить к повышению солености до 5 – 7 ‰ в северной части, до 0,3 – 0,5 ‰ в южной [494].

Площадь Куршского залива составляет 1584 км² (158 тыс. га), в том числе 1203 км² российская часть. Средняя глубина залива 3,7 м, максимальная отмечена в южной части залива и достигает 5,8 м.

По режиму течений водоем делится на три части:

- северную, в которой преобладает поступательное движение воды (в поверхностном слое сток пресной речной, в придонном приток морской);
- центральную, в которой преобладает поверхностное круговое течение и придонное противотечение;
- южную, в которой имеет место аналогичная структура течений.

Несмотря на возможное повышение солености воды при сильных нагонных явлениях, залив признается преимущественно пресноводным [494]. Среднегодовой уровень воды в нем на 12 см выше уровня моря. В водном балансе залива объем речного притока составляет 20,8 км³/год, а приток морской воды 5,8 км³/год. Как следствие, большую часть года преобладает сток воды из залива в море [121].

Минимальная температура воды в заливе (0,2 °С) фиксируется зимой в январе – феврале, максимальная летом (25 °С) в июле – августе. Весной в мае вода может прогреваться до 20 °С. Самый холодный месяц – февраль, самый теплый – июль (август). Среднегодовая температура воздуха составляет 7 – 7,5 °С, минимальная – 33,3 °С, максимальная + 35,4 °С. В мягкие зимы средняя температура воды в декабре – феврале выше на 1,5 – 2,5 °С [121].

Стратификация температуры воды в заливе наибольшая в северной части (1 – 1,5 °С), меньшая в южной (0,2 – 0,5 °С), что определяется интенсивностью волнового перемещения водных масс. В заливе преобладает в вегетационный период щелочная реакция среды, максимальная величина водородного показателя может достигать 9,2. В зимний период отмечают снижение рН до 7,3 [306, 494].

Концентрация растворенного в воде кислорода в заливе зависит от жизнедеятельности населяющих его гидробионтов, газообмена между атмосферой и поверхностью воды, притока речных, в северной части морских вод, термического режима, а также притока с речным и поверхностным (дождевым, снеговым) стоком загрязняющих веществ промышленного, сельскохозяйственного, коммунального происхождения. Наименьшее содержание кислорода отмечают зимой (до 60 % насыщения). В некоторых реках и каналах, площадь водосбора которых включает болота и торфяники, зимой отмечают заморы. Максимальное насыщение воды кислородом (до 126 %) отмечают весной. Но, в целом, кислородный режим в заливе в течение года благоприятный для рыб и других гидробионтов, включая кормовые организмы [121].

Особенностью гидрохимического режима залива является избыток в воде фосфора, концентрации которого в 2 – 4 раза превышает предельный уровень, а содержание азота (1,2 – 2,3 мг/л) не превышает предельного. Такая ситуация способствует интенсивному развитию сине-зеленых водорослей, в результате чего летом могут возникать кратковременные заморы. Особенно опасны они бывают для молоди рыб, поскольку взрослые рыбы имеют возможность активно мигрировать из заморных зон. Как и для Калининградского залива установлена миграционная активность рыб летом в сторону моря, а осенью на зимовку в залив [563].

Гидрологический режим р. Неман, доля которой в объеме годового речного стока в залив составляет 98 %, определяет качественные и количественные параметры воды большей части залива.

Южная часть залива, помимо стока рукава р. Неман р. Матросовка, находится также под воздействием стока многочисленных рек, речьев, мелиоративных каналов. На прилегающей к ней территории площадью около 300 тыс. га сформирована мощная сеть водотоков, которые перемещают поверхностные и грунтовые воды в чашу залива. Большая часть этой территории лежит ниже уровня моря и защищена от затопления протяженной сетью дамб. Поддержание постоянного уровня воды, исключая затопление земель, обеспечивают многочисленные насосные станции, перекачивающие излишнюю воду в реки, ручьи, каналы. Как отмечалось ранее, зона польдеров на территории, прилегающей к Куршскому заливу самая обширная в России [33, 457].

Зона польдеров представляет интерес для целей рыбоводства, поскольку подстилающими грунтами повсеместно являются мелкозернистые пески, являющиеся эффективным механическим фильтром. Круговорот воды, предполагающий фильтрацию её из поверхностных водисточников (реки, залив) через грунты зоны польдеров и круглогодичная откачка воды из мелиоративных каналов с помощью насосных станций формируют зоны гидродинамического слоя. Если в этом слое осуществить выемку песка (карьер), то поступающая в него вода будет отличаться высоким качеством. Это, в частности, послужило основанием для разработки пред-

ложений на предмет создания в зоне польдеров рыбоводных предприятий [33, 419]. По классификации трофности Куршский залив относится в зимний и весенний периоды к эвтрофным водоемам, а в летний и осенний к гипертрофным, критерием чего является содержание хлорофилла в воде выше 100 мкг/л. Стремительное нарастание эвтрофикации, происходило на фоне интенсивного развития промышленности, сельского и коммунального хозяйства, что подтверждают статистические данные по росту биомассы фитопланктона: 1974 г. – 6,1 г/м³, 1987 г. – 20,7 г/м³, 1990 г. – 200 г/м³.

В результате в 1990 г. Куршский залив перешел критический уровень эвтрофирования [121]. Однако, мелководность, активный водообмен (смена воды в чаше залива 4 раза/год) и аэрируемость всей толщи способствует поддержанию удовлетворительных условий для рыб и других гидробионтов. Дополнением к общей характеристике залива могут служить данные по ряду параметров, отражающих качество воды (прилож. 1, табл. 1.1).

Практически все рыбы, основу питания которых составляют зообентосные организмы, а также детрит выполняют важную мелиоративную роль. Роясь в донных отложениях, эти рыбы разрушают биопленку на границе воды и грунта (ила). Это дает возможность кислороду проникнуть в более глубокие слои, содержащие органические осадки. В результате интенсифицируется процесс аэробной трансформации в минерализованную форму [42, 60, 231, 250].

Среди группы низших водных животных организмов выделяют тех, которые служат пищей для личинок и мальков рыб, а также некоторых короткоциклических рыб (снеток, укляя и др.). А также тех, которые могут быть хищниками по отношению к икре и личинкам рыб. К первой группе относятся инфузории, коловратки, планктонные ракообразные, плавающие личинки хирономид и т.д. Ко второй группе – личинки насекомых, водяные жуки, пиявки, головастики и т.п. [121].

Биомасса зоопланктонных и зообентосных организмов в заливе высокая. В виду этого Куршский залив длительный период признавался самым продуктивным промысловым водоемом на территории Советского Союза, в котором величина промысловой рыбопродуктивности составляла от 30 до 50 кг/га [252].

В составе зоопланктонных организмов в основном пресноводные виды. По численности преобладают представители Cladocera и Copepoda. По биомассе – Cladocera. Средняя биомасса зоопланктона в многолетнем разрезе 1,7 г/м³. Средняя за вегетационный сезон продукция составляет 8,5 г/м³ или 25,5 г/м². В расчете на всю площадь залива 40290 т, на российскую часть – 30680 т [76, 121].

До конца 70-х – середины 80-х годов прошлого столетия основу сообщества зообентосных организмов составляли моллюски (69,2 %), хирономиды (16 %) и олигохеты (11,8 %).

В последующий период произошли коренные изменения в структуре донных сообществ. В основе этого следует признать стремительно возросшую эвтрофикацию залива в связи с поступлением чрезмерного количества биогенов антропогенного происхождения. Подтверждением служат данные о концентрациях их в воде залива: PO_4 : 0,025 – 0,036; NO_3 : 0,01 – 0,1; Fe: 0,35 – 0,4 мг/л [121, 339]. Причем в придонных слоях их больше, что следует связывать с более интенсивными процессами разложения и минерализации отмирающей органики растительного и животного происхождения. К концу вегетационного сезона содержание азота и фосфора увеличивается на порядок.

В настоящее время площадь дна залива, осваиваемая моллюсками, прежде всего, дрейссеной, сократилась до менее 1 % против ранее фиксируемых 50 %. В открытой части залива дрейссена отсутствует, фрагментарно расселяется в прибрежной зоне. В период доминирования дрейссены выполняла важную роль в качестве одного из главных элементов сбалансированного биофильтра, обеспечивающего чистоту воды в заливе. Способность дрейссены, учитывая ее количество, профильтровывать огромное количество воды, опосредовалось в высокой чистоте воды. Другое важное свойство дрейссены связано с обеспечением пищей в виде плавающих личинок и спата молоди большинства видов рыб. Плотва залива была специализирована в питании дрейссеной на всех этапах развития [76].

Но изменения произошли не только в популяции дрейссены. Многочисленный до указанных временных дат моллюск *Valvata piscinalis*, средняя численность которого составляла от 11 до 240 шт/м², в настоящее время встречается эпизодически в местах впадения в залив рек (до 10 шт/м²).

В результате произошедших изменений на смену доминирующих фильтраторов пришли детритофаги, которые составляют до 99 % от общей численности зообентосных организмов. Средняя биомасса кормового зообентоса в последние 20 лет составляет 21,2 г/м², из которых 16,4 г/м² (около 85 %) приходится на хирономид. Доля олигохет за этот период уменьшилась с 22 – 26 % до 14 %. Биомасса моллюсков снизилась с 19 до 1 % [10, 76, 121, 339].

Годовая продукция зообентоса по сравнению с 60-м годами к 90-м гг. прошлого столетия увеличилась почти вдвое за счет хирономид и олигохет. Общая продукция зообентоса приведена ранее [121, 235]. Поскольку Куршский залив, в целом, относится к пресноводному типу, тем не менее, о чем отмечено ранее, северная часть его находится под прессом притока морской воды. В результате, только в этой части залива созданы условия для обитания полихет, которые разнообразят рацион питания угря, но в существенно меньшей степени, чем в Вислинском (Калининградском) заливе [76].

С учетом всего сказанного, следует признать, что основной пищей бентосоядных рыб являются хирономиды и олигохеты. Южная часть залива признается более кормной по причине наличия серых илов, в которых хирономиды образуют мощные скопления [121].

Ихтиофауна Куршского залива представлена 53 видами рыб из 14 семейств. Численно преобладают рыбы из семейства карповые (Cyprinidae). На втором месте – рыбы из семейства окуневые (Percidae). За последние 40 лет изменений в видовом составе не было. В северной части залива в связи с осолонением обычными стали речная камбала, салака и треска [52, 121, 563].

За этот же период существенно уменьшилась численность популяций некоторых видов рыб, что опосредовалось в величине уловов снетка, корюшки, щуки, рыбца и сига. В то же время после практического исчезновения из уловов к концу 90-х гг. прошлого столетия рыбец стал восстанавливать численность популяции в литовской части залива к концу первого десятилетия XXI века уловы возросли до 50-100 т. Во втором десятилетии появился в уловах российской части залива [70, 236, 248, 415].

Среди объектов промышленного лова доминируют лещ, чехонь, плотва, судак, окунь. Для некоторых видов рыб отмечена высокая флюктуация численности. Так, серебряный карась, уловы которого к середине первого десятилетия XXI века достигли 50 – 70 т/год, снизил в дальнейшем численность, что отразилось на уловах (5 – 7 т/год). В основе такой динамики численности, очевидно, лежат процессы трансформации популяций в процессе освоения нового водоема [2].

Подобные процессы имели место при освоении серебряным карасем Азово-черноморского бассейна, Цимлянского, Веселовского и других водохранилищах юга России [2]. Очевидно, следует ожидать, что после периода спада численность популяции станет возрастать, что будет проявляться в возрастании мелиоративного эффекта по отношению к донным отложениям, учитывая статус серебряного карася как ило-детритофага [28].

Структура ихтиоценоза представлена пятью трофическими группами – бентофагами (67,5 %), планктофагами (10,5 %), фитофагами (0,01%), хищниками (10,8 %) , факультативными хищниками и паразитами (10,8 и 0,01 %, соответственно).

1.1.3 Виштынецкое озеро

Озеро Виштынецкое относится к олиготрофному с некоторыми чертами мезотрофии типу [339]. Расположено на юго-востоке Калининградской области. Является трансграничным водоемом России и Литвы. Площадь озера около 1800 га, средняя глубина 20 м, максимальная 56 м [80].

Климат в районе озера умеренный, переходный от морского к континентальному. Средняя годовая температура воздуха 6,2 – 6,5 °С, в июле 17,6, в январе – 4,5 – 5,0 °С [24].

Большую часть площади озера занимают глубины от 10 до 30 м (около 50 %), глубины менее 10 м занимают 35 %, более 30 м – 15 % [339].

Озеро является проточным. В него впадает до 10-12 ручьев, вытекает р. Писса. Дно котловин покрыто темными илами, содержащими органические материалы. На глубинах до 10 м дно покрыто песками, в отдельных местах с примесью гальки и гравия.

Зимой (февраль) температура воды увеличивается с глубиной от значений, близких к температуре замерзания на поверхности до 3-4°C глубже 30-35 м. После весенней гомотермии (март-апрель) в мае начинает формироваться слой скачка плотности. Летом (июнь-август) слой скачка становится резко выраженным с большим вертикальным градиентом (до 2,5°C/м). При летнем прогреве эпилимниона температура воды под слоем скачка в гиполимнионе, даже в жаркое лето обычно не бывает выше 8 – 9 °С, уменьшаясь в придонных горизонтах впадин до 7 °С и ниже. Отмечено, что независимо от степени прогрева воды выше слоя скачка, его нижняя граница, как правило, находится на глубине 13 – 15 м. В сентябре слой скачка опускается на глубину и постепенно размывается, в октябре – ноябре устанавливается осенняя гомотермия [339].

Насыщение верхнего слоя воды кислородом в озере в течение всего года близко к 100%. Под слоем скачка количество кислорода в летний период резко снижено, вплоть до его дефицита. В соответствии с положением нижней границы слоя скачка, дефицит кислорода наблюдается уже с 13 – 15 м. На акватории озера выделяют районы, в которых проявляются признаки эвтрофирования:

- утиный залив;
- северное и северо-восточное мелководье;
- восточная часть озера вдоль побережья, включая приустьевой участок ручья Лесного;
- южный, охватывающий прибрежное мелководье, включая приустьевые участки рек Черницы и Вижайны) и поверхностные слои прилегающей глубоководной части озера [339].

Наибольшую по численности группу зоопланктона в озере составляют веслоногие ракообразные.

Среднегодовая биомасса коловраток составляет 0,1 г/м³, ветвистоусых ракообразных 0,2 г/м³; веслоногих 0,15 г/м³. Максимальная – 0,89; 5,67 и 1,02 г/м³, соответственно [339].

Наибольшее представительство организмов зообентоса отмечают в литорали (0-3 м). В зарослевых зонах преобладают брюхоногие моллюски и личинки хирономид, встречаются пиявки и водяные ослики. Только в литорали встречаются некоторые виды поденок, ручейников, вислокрылых, хаборусов и мокрецов. Средняя биомасса зообентоса в литорали около 19 г/м² [339].

В сублиторали (3 – 7 м) в основном преобладают моллюски, прежде всего дрейсена. Реже встречаются бокоплав и водяные ослики. Максимальная биомасса зообентоса в этой зоне 45 – 67 г/м².

Зообентос профундали (8 – 32 м) качественно беден. Доминируют в нем моллюски рода *Pisidium*, олигохеты и хирономиды. Средняя биомасса зообентоса 3-4 г/м² [339].

Распределение зообентоса по ложу озера мозаично. Подавляющую по численности и биомассе долю в нем составляют моллюски.

Среднегодовая биомасса олигохет составляет 4,2; моллюсков 83,1; ракообразных 3,5; личинок насекомых 9,1; личинок хирономид 3,0 г/м². Максимальная 9,3; 623,5; 103; 44,0; 9,9 г/м², соответственно.

В составе ихтиофауны озера представлены рыбы из 11 семейств. Наибольшее представительство видов в семействе карповые (*Cyprinidae*): лещ, густера, карась золотой, уклея, пескарь, елец, плотва, красноперка, линь. В остальных семействах не более двух видов. Наиболее многочисленны в озере представители сиговых (*Coregonidae*): ряпушка, сиг, а также окуневых (*Percidae*) – речной окунь.

В мелководных (до 3 – 7 м) зонах озера достаточно, с учетом класса трофности, представлены плотва, щука, густера, карась.

Установленная величина ОДУ согласуется со среднегодовыми уловами в период с 1961 по 1990 гг. Снижение уловов после 1990 г. связывают не с эколого-биологическими, а социально-экономическими причинами, приведшими к свертыванию специализированного промысла [339].

Угорь никогда не был значимым объектом промысла в озере. Максимальный улов был зафиксирован в 1963 г. и составил 2 т. В 1980 г. – 0,8 т, в 1990-0,9 т. В последнее десятилетие в российской части озера уловы угря составляют 0,1-0,3 т. В промысловых уловах угорь представлен 8 возрастными группами от 6 до 13 лет, размером от 46 до 105 см и массой от 0,1 до 2 кг [339].

Поскольку от последнего зарыбления озера (1981 г.) стекловидным угрем прошло более 30 лет, а в уловах фиксируются вышеприведенные возрастные группы, то это означает, что естественный заход молоди угря, несмотря на зарегулирование рр. Преголя и Писса плотинами, продолжает иметь место. Это согласуется с опубликованными данными о зафиксированном проходе молоди угря через плотину Нарвской ГЭС, в теле которой ввиду ветхости, имелись многочисленные трещины, способствующие достижению рыбами верхнего бьефа плотины [104].

Единственный раз в истории региона в 1980 и 1981 гг. Калининградской областной Союз рыболовецких колхозов осуществил зарыбление Виштынецкого озера стекловидным угрем, до-

ставленным из Франции. В первом случае было выпущено 1 млн. личинок, во втором – 1,5 млн. Если судить по количеству выпущенного в озеро посадочного материала, научного обоснования этому мероприятию не было сделано. В результате водоем был чрезмерно перезарыблен. При использовании данных о рекомендуемой плотности посадки стекловидного угря в мезотрофные ряпушковые озера, которая составляет 60-100 шт./га, обоснованным было бы выпустить от 108 до 180 тыс. шт. молоди, соответственно [152]. Для олиготрофных озер рекомендаций по зарыблению не найдено.

Результатом зарыбления было фиксирование в первый год многочисленных групп молоди угря, мигрировавших в ручьи и реки, в том числе на территории Польши. Определенное количество молоди скатилось из озера в р. Писса. В течение двух лет отмечали в озере многочисленный отход молоди угря. Представляется очевидным, что приемная емкость экосистемы водоема, прежде всего ее кормовая емкость, оказалась неспособной принять такое количество угря.

Поскольку, судя по приведенным ранее данным, темп роста угря в озере в течение 5-6 лет с момента выпуска низкий, то в впервые два года молодь угря питалась, прежде всего, зоопланктоном, что согласуется с возрастной структурой питания вида. В связи с этим, можно предположить, что одной из причин резкого снижения численности и биомассы зоопланктонных организмов после 1980 г. могло стать зарыбление озера чрезмерным количеством стекловидного угря.

Как показывает статистика уловов, они в период с 1986 по 1995 гг. не превышали в среднем годовом исчислении 0,15 т. А это может говорить о том, что зарыбление озера Виштынецкого стекловидным угрем в 1980-1981 гг. в суммарном количестве 2,5 млн. шт. дало отрицательный результат, поскольку, уловы угря в предшествующий зарыблению период были выше

Рассматривая угря как компонент ихтиофауны Виштынецкого озера, учитывая его биологические особенности, гидрологические и гидробиологические условия водоема можно отметить, что в литоральной и сублиторальной зонах, он может реализовывать свой ростовой и адаптогенный потенциал. Очевидный замедленный рост угря в начальный период жизни в озере, вероятно, связан с избирательностью в питании и ограниченными кормовыми ресурсами. При достижении определенных размеров, возможно, одним из основных объектов питания становится дрейсена, наиболее массовый по биомассе объект кормового зообентоса. Значимую роль, вероятно, начинает играть в рационе питания и молодь малоценных видов рыб. В пользу этого говорят ранее приведенные данные о том, что в 13-летнем возрасте угорь в озере может иметь массу 2 кг, что сопоставимо с размерами угря того же возраста в Вислинском и Куршском заливах [412, 563].

1.2 Адаптационные возможности рыб, проявляемые на разных этапах биотехнического процесса

1.2.1 Влияние температуры воды на рост, жизнестойкость и созревание рыб

У. Хоар с соавторами (1983) рассматривают температуру воды как основной, направляющий развитие рыб, в прочем, как и других гидробионтов, фактор [416].

Вант-Гофф Арениус обосновал правило, определяющее степень влияния температуры воды на рост рыб: градиент температуры воды $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сторону уменьшения или увеличения соответствует 2-3-кратному уменьшению или увеличению скорости роста [172, 375]. При этом нижней точкой отсчета, когда можно учитывать влияние температуры воды, следует считать ту, при которой еще сохраняется соматический рост. Например, для большинства осетровых это температура воды $4 - 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ [291, 292]. Причем в искусственных условиях, при регулярном кормлении рост рыб может сохраняться при более низкой температуре воды, чем в естественных водоемах. Возвращаясь к ранее приведенному примеру следует отметить, что в рыбоводных хозяйствах русский и сибирский осетры, стерлядь реагируют на корм при снижении температуры воды до $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, но роста рыб не отмечают. Если воспользоваться правилом Вант-Гоффа-Арениуса, то увеличение температуры воды до $14 - 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ должно сопровождаться 2-3 кратным ускорением роста осетровых рыб. Применительно к стерляди и сибирскому осетру, веслоносу, являющихся более теплолюбивыми из осетровых, при температуре $24 - 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ следует ожидать увеличения скорости роста еще в 2 – 3 раза по сравнению с предыдущей точкой отсчета. Действительно, различная практика выращивания сибирского осетра, стерляди при такой температуре и положительном влиянии других факторов показывает, что скорость роста возрастает до самых высоких значений [254, 301, 366]. У веслоноса, имеющего более широкий диапазон температуры, при которой отмечают рост рыб, в градиенте $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше обозначенной ранее точки отсчета следует рассматривать дальнейшее увеличение скорости роста, но в пределах 1-1,5 кратного по отношению к предыдущему градиенту. Если обратиться к биотехническим нормативам выращивания, например, радужной форели в садках, бассейнах, прудах при естественной термике, когда температура воды зимой отмечается от значений близких к нулю до $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, то предполагается прирост массы рыб за зимний период продолжительностью 3 – 5 месяцев на уровне 30 – 50 % [392]. Однако, анализ многочисленных данных показывает, что определяющим эту величину является учет средней массы рыб в начале и конце зимнего периода. Контрольные обловы проводят, как правило, в конце и начале вегетационного сезона, когда температура воды близка к $4 - 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отсюда следует, что возможный прирост массы рыб за зимний период формируется, когда имеет место постепенное снижение температуры воды с $4 - 5$ до $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже, а также повышение весной до $4 - 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подтверждением этому служат био-

технические нормативы и фактические данные, подтверждающие прирост массы форели на 100 % при температуре воды в зимний период 3 – 5 °С [392].

Если принять скорость роста форели при данной температуре воды отправной для подтверждения действия правила Вант-Гоффа, то целесообразно провести расчеты, воспользовавшись формулой общепродукционного коэффициента массонакопления, отражающего объемную функцию весового роста [172]:

- в период зимнего содержания форели при температуре 3 – 5 °С

$$K_m = \frac{(M_{кон}^{1/3} - M_{нач}^{1/3}) \times 3}{T} \quad (1)$$

$$K_m = \frac{(\sqrt[3]{100} - \sqrt[3]{50}) \times 3}{100} = 0,029$$

где $M_{нач}$ (масса начальная) принята 50 г; $M_{кон}$ (масса конечная) в данном примере, построенном на фактических данных, принята 100 г; T (продолжительность зимнего периода) принята за 100 сут.

При постоянной температуре воды 14 – 15 °С за 100 суток выращивания форель с начальной массой 50 г вырастает до 300 г. В этом варианте:

$$K_m = \frac{(\sqrt[3]{300} - \sqrt[3]{50}) \times 3}{100} = 0,09$$

Если соотнести скорость роста форели при оптимальной температуре воды к скорости роста (скорости массонакопления) при температуре на 10 °С ниже, то превышение составит 3,1. Это можно принять, как подтверждение правила Вант-Гоффа-Аррениуса.

Однако, постоянный температурный режим возможен, если речь идет об использовании теплонасосных установок в проточных рыбоводных системах или в установках замкнутого водоснабжения.

Если в качестве примера взять стерлядь и оценить скорость роста при постоянном (управляемом) температурном режиме и переменном, когда температура воды выше 18 °С наблюдается в течение 100 сут, а остальное время ниже оптимальной для раскрытия ростовой потенции, то за сравнимый период времени (в пределах вегетационного сезона) 210 сут ростовая потенция реализуется следующим образом:

- исходные данные для расчета учитывают, что K_m при оптимальной температуре воды (23 – 24 °С) может быть 0,1, при переменной 0,05, начальная масса рыб в обоих вариантах 64 г;

- для расчета принята формула:

$$M_k = \left(\frac{K_m \times T + 3\sqrt[3]{M_n}}{3} \right)^3 \quad (2)$$

Тогда для варианта постоянной температуры воды ожидаемая конечная масса стерляди составит:

$$M_{\kappa} = \left(\frac{0,1 \times 210 + 3\sqrt[3]{64}}{3} \right)^3 = 1331 \text{ г}$$

При переменном режиме температуры воды:

$$M_{\kappa} = \left(\frac{0,05 \times 210 + 3\sqrt[3]{64}}{3} \right)^3 = 421 \text{ г}$$

В данном примере превышение в конечной массе близко к трехкратному. Но во всех приведенных примерах не учитывается влияние других факторов, абиотических и биотических, которые способны внести существенные коррективы в результаты выращивания рыб.

Если обратиться к понятию «оптимальная» температура воды, при которой ростовая потенция раскрывается на максимальном уровне, то для разных объектов аквакультуры она может рассматриваться в следующем диапазоне значений:

- для радужной форели 14 – 18 °С [254];
- для карпа 23 – 25 °С [254];
- для канального и клариевого сомов 25 – 29 °С [254];
- для тилапии 26 – 30 °С [254];
- для белуги, русского осетра 18 – 23 °С [254];
- для стерляди, сибирского осетра 23 – 25 °С [254].

Если температура воды понижается за границу температурного оптимума, то здесь следует, при оценке ожидаемой скорости роста, ориентироваться на правило Вант-Гоффа-Аррениуса. Если повышается выше, то у рыб начинаются нарушения физиологических функций, в частности процесса ассимиляции питательных веществ, что вынуждает сокращать или прекращать кормление рыб.

Рассматривая диапазоны температуры воды в трех проявлениях: ниже, выше и соответствующие оптимуму следует учитывать срабатывание уровня сродства гемоглобина кислороду и активность пищеварительных ферментов [366].

При оптимальной температуре воды, стопроцентном насыщении воды кислородом отмечают наибольший объем переносимого к органам и тканям кислорода, максимальную активность пищеварительных ферментов. За пределами диапазона оптимальной температуры проявление этих факторов снижается, что отражается на функционировании организма и росте рыб. Однако, ориентация при выращивании рыб в условиях управляемого температурного режима только на оптимальный диапазон температуры воды, правомерна для рыб, имеющих происхождение из тропических широт. К ним следует отнести клариевого сома и тилапии, у которых от-

существуют сколь-нибудь значимые различия в требовании к температуре воды в периоды нагула и размножения.

Иное отношение к температуре воды в периоды нагула и размножения у рыб, имеющих происхождение из умеренных широт, относящихся к семействам карповых, лососевых, осетровых, окуневых и др. Так для карпа в период нагула оптимальная температура воды 23 – 25 °С, нереста 18 – 22 °С. Но между этими периодами динамика температуры иная: весной постепенно повышается от низких (5 – 7 °С), когда рыбы начинают питаться, в начале, до высоких значений (более 18 – 20 °С), в конце. В конце лета – начале осени начинает снижаться от высоких значений (18 – 20 °С) и к концу осени понижается до 3 – 5 °С. Далее следует зимний период, когда в различных водоисточниках температура воды снижается до самых низких значений (0,3 – 2 °С). Именно в период низкой температуры воды завершается процесс вителлогенеза [366, 392].

Поэтому логичным было в начале развития нового направления аквакультуры – выращивание рыб в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ), использовать для рыбоводных цепей оплодотворенную икру, личинок, мальков рыб, полученных от производителей, содержащихся при естественной температуре воды. Отчасти это было связано с трудностями поддержания столь низкой температуры воды в УЗВ.

Но последующее развитие нового направления аквакультуры показало, что имитация естественной температуры в преднерестовый период практически для всех рыб необязательна. Оказалось достаточным поддерживать в преднерестовый период температуру воды для карпа 8 – 10 °С, радужной форели 5 – 6 °С, канального сома 18 °С, осетровых 6 – 10 °С [148, 150, 153]. В практике рыбоводства этот период получил название «искусственная зимовка». Именно в УЗВ удалось реализовать генетически заложенное у карпа свойство порционного нереста, характерного для сазана.

Аналогичные подходы применимы и для других видов рыб, но об этом будет обсуждено в соответствующем подразделе главы.

Влияние температуры воды на рост и качество половых продуктов у рыб можно показать на примере радужной форели. При преобладании в течение межнерестового нагула температуры воды 6 – 10 °С у половозрелых рыб отмечают пониженный темп роста и замедленное созревание, часто сопровождающееся нарушением генеративного обмена, приводящего к снижению качества половых продуктов.

Температура воды 12 – 14 °С способствует формированию высокого качества половых продуктов, но при этом ростовая потенция у рыб раскрывается на уровне средних значений. Такие условия характерны для Нальчикского, Кисловодского форелевых хозяйств-филиалов федерального селекционно-генетического центра (ФСГЦ РФ) [372]. Температура воды 15 – 18 °С

способствует максимальному раскрытию ростовой потенции и формированию хорошего качества половых продуктов у рыб. Температура 19 – 21 °С ограничивает ростовую потенцию у форели и угнетает репродуктивную функцию [392].

Следует учитывать, что определяющей созревание и разрешение репродуктивной функции у производителей рыб является сумма градусо-дней, набираемая за вегетационный сезон, зимний и преднерестовой период. В УЗВ следует ориентироваться на периоды нагула и преднерестового содержания.

Для многих рыб, развивающихся при естественной термике воды от вылупления предличинок до первого нереста набирается от 7 до 12 тыс. градусо-дней. У осетровых за пределы этого диапазона выходят самцы белуги и самки почти всех видов. Рано созревающий представитель осетровых – стерлядь, первый раз созревает при наборе 6 – 9 тыс. градусо-дней (самцы) и 12 – 13 тыс. градусо-дней (самки) [41, 304].

Между последующими нерестами сумма градусо-дней снижается и для многих видов рыб составляет от 2,5 до 4 тысяч. Выше у осетровых (до 5 – 9 тыс.), менее продолжительный цикл у севрюги и стерляди: 2800 – 5500 градусо-дней [41, 304].

В тоже время признается, что оптимальная для роста температура воды может отличаться у рыб в разные периоды жизни. Так у карпа при нагуле товарной рыбы в УЗВ целесообразной для роста считается температура 23 – 25 °С, а для личинок и мальков 25 – 28 °С. При выращивании личинок и мальков осетровых целесообразная температура воды 14 – 20 °С, при выращивании товарной рыбы 20 – 23 (25) °С.

Для многих рыб температура воды при нагуле в разные периоды жизни равнозначна. Так при нагуле угря, начиная с завершения адаптации стекловидных личинок, постоянная температура воды 25 °С обеспечивает максимальное раскрытие ростовой потенции у рыб. Температура воды 26 – 28 °С обеспечит интенсивный рост личинок, мальков и рыб более старшего возраста у канального и клариевого сомов [54, 205, 261, 288, 309, 461]. Примерно такой диапазон с возможным расширением на 2 – 3 °С в верхнюю сторону может быть рекомендован при выращивании тилапии [54, 309].

Особо следует остановиться на исследованиях В.С. Константинова и его учеников, посвященных установлению влияния пограничных интервалов на границах температурного оптимума на скорость роста рыб [154]. Они позволили выявить положительный эффект возникающий при изменении температуры воды на 1 – 3 °С в обе стороны диапазона оптимальной температуры. При этом скорость роста возрастает. Продолжительность проявления эффекта составляет около двух недель. Причину этого исследователи видят в перестройке (возбуждении) обмена веществ в период изменения температуры воды. Практическое применение новых знаний об особенностях роста рыб в современных условиях ограничивается техническими и экс-

плуатационными возможностями УЗВ. В тоже время, может открыть резерв в ускорении роста рыб.

В исследованиях также установлен кратковременный эффект ускорения роста у рыб при повышении на ограниченный период содержания углекислого газа в воде выше верхней границы допустимых значений на 10 – 20 мг/л. Повышение содержания углекислого газа, как оказалось, способствует усилению моторики пищеварительного тракта, что опосредуется в переваривании большего количества пищи, как следствие в ускорении роста [154, 392].

Вероятно, пограничные интервалы имеются на границах кислородного оптимума, активной реакции среды. Управляемый температурный режим УЗВ, а также повышенная термика водоемов-охладителей или сбросных каналов теплой воды ТЭЦ, АЭС, существенно сокращают сроки выращивания товарной рыбы, возраст наступления половозрелости, изменяет периодичность созревания очередных порций половых продуктов. Именно в хозяйствах на сбросных теплых водах впервые удалось сместить сроки созревания производителей по сравнению с естественными на несколько месяцев, а также зафиксировать двухкратное созревание рыб в течение года [157, 247].

Управление температурным режимом, увеличение теплового баланса в течение года в 2-3 раза явились в дальнейшем, применительно к УЗВ, основой многократного нереста производителей. При этом следует отметить, что даже для моноциклических рыб в природе зафиксированы случаи повторного созревания части производителей в течение года. На этом основаны работы, которые проводят на базе Адлеровского форелевого хозяйства по созданию породы радужной форели с двухкратным нерестом в течение года [243].

Не менее важно учитывать температуру воды, оценивая ее влияние на жизнестойкость выращиваемых рыб. Отклонение температуры воды от допустимых для определенных этапов выращивания значений со всей очевидностью отразится на выживаемости рыб. Более ощутимо влияние температуры воды на инкубируемую икру, личинок и мальков рыб. Понижение температуры воды ниже оптимальных значений в период инкубации приведет не только к увеличению ее продолжительности, но и повысит вероятность массового поражения икры сапролегнией и ее гибель. Повышение температуры воды выше оптимальной, тем более допустимых значений, приводит к нарушению эмбриогенеза, что сопровождается повышенным отходом икры [392, 402].

Резкое повышение или понижение температуры воды при переводе предличинок на выдерживание в бассейны будет способствовать повышенной гибели предличинок. Повышение температуры воды в эмбриональный, предличиночный и личиночный периоды выращивания радужной форели на 2 – 4 °С способствует увеличению отходов на 20 – 50 % [392].

В тоже время установлено, что отказ от повышения температуры воды более 10 – 12 °С на этапах выдерживания предличинок и подращивания личинок форели способствует, с одной стороны, задержке в росте молоди, с другой, протеканию более качественного органогенеза [392, 455]. Такая молодь в последствии в условиях благоприятного температурного режима раскрывает ростовую потенцию, показывает выживаемость на более высоком уровне.

Отдельным примером, показывающем отрицательное влияние температуры воды на жизнестойкость рыб, является газообразование в протекающей воде в результате резкого повышения температуры воды, когда образующиеся пузырьки азота и кислорода проникают в кровеносные русла и вызывают опасное заболевание у рыб – газовую эмболию [85]. Более подвержена ему молодь рыб, потери поголовья могут быть чрезмерными. Но рыбы и более старшего возраста, в том числе производители, подвержены этому заболеванию.

Таким образом, являясь направляющим развитие рыб фактором, температура воды оказывает решающее влияние на раскрытие ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции рыб.

1.2.2 Влияние газового режима на рыб

В классификации У. Хоара и соавторов (1983) растворенный в воде кислород по значимости отнесен к основному, лимитирующему развитие рыб фактору [416]. Обращаясь к ранее данному материалу, следует обратить внимание на то, что влияние температуры воды на рост и развитие рыб рассматривалось вне связи с другими факторами, хотя подчеркивалось их возможное влияние. При этом кислород, растворенный в воде, часто играет решающую роль в реализации ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции в условиях воздействия основного, направляющего развитие рыб фактора.

Очевидно, по аналогии ранее приведенному, характеризуя воздействие кислорода на рыб, следует выделить три диапазона: оптимальный, ниже и выше него. Рассматривая диапазон ниже оптимального, важно отметить решающее влияние дефицита кислорода на развитие и рост рыб. Даже, в условиях оптимального температурного режима реализация ростовой и репродуктивной потенции при дефиците кислорода в воде существенно ограничивается. Это проявление вполне согласуется с положением, выдвинутым Г.М. Персовым (1972) [290]. Согласно него, отклонение от нормы условий межнерестового нагула приводит к снижению плодовитости рыб. Именно для диапазона низкого насыщения воды кислородом показано наличие предзаморного и заморного явлений. Последнее проявляется, когда содержание кислорода опускается до пороговых значений [371]. Анализ этих данных позволяет сделать вывод о том, что, во-первых, чем старше рыбы, тем ниже пороговое содержание кислорода, самое высокое у личинок. Во-вторых, для большинства видов рыб пороговое содержание кислорода находится в

диапазоне низких значений. По аналогии с кислородом показана большая устойчивость рыб к содержанию в воде углекислого газа с увеличением размера и возраста. Эта тенденция устойчива у карпа, окуневых. Однако нарушается у лососевых рыб, для которых критический уровень углекислоты постоянен на всех этапах онтогенеза. Отличная динамика в величине показателя у осетровых. Высокий уровень на ранних личиночных этапах сменяется сниженным в 2 раза на последующих этапах выращивания молоди. Возвращается к высокому, зафиксированному ранее, у взрослых рыб. Эти данные подтверждают наличие видовых, размерно-возрастных различий у рыб в отношении к газовому режиму.

Предзаморное явление, когда насыщение воды кислородом снижается до 30 – 40 %, характеризуется возрастанием доли обменной энергии, обеспечивающей процесс дыхания рыб. Изменяется поведение рыб, снижается или прекращается пищевая активность. У осетровых это проявляется при снижении содержания кислорода до 4 мг/л, у лососевых до 5 мг/л, карпа до 3 мг/л [301, 304, 366, 392, 402].

В практике выращивания рыбы в УЗВ стало приемлемым насыщение подаваемой в бассейны воды кислородом до 200 – 300 %. Учитывая то, что определенная часть кислорода на участке падения воды, а также через поверхность воды в бассейне при таком уровне насыщения испаряется, то фактическое содержание растворенного в воде кислорода будет ниже, но выше 100 % насыщения. Но, даже в опытах, когда удавалось поддерживать насыщение воды кислородом до 200 – 300 % насыщения не удавалось установить пропорционального содержания кислорода увеличения скорости роста рыб [148, 406].

Очевидно, положительный эффект от перенасыщения воды кислородом следует рассматривать с позиции увеличения плотности посадки рыб. А увеличение плотности посадки находится в прямой связи с величиной рыбопродукции. Так, например, в УЗВ при подаче в бассейны воды, насыщенной кислородом до 100 %, можно ожидать величину рыбопродукции на уровне 40 – 60 кг/м³. При этом следует учитывать, что при оправданной (нормальной) плотности посадки снижение содержания кислорода на входе и выходе должно составлять 2 мг/л [366]. В этом случае будет иметь место более менее равномерное распределение кислорода по фронту протекающей через бассейн воды. В то же время отражать достаточную обеспеченность рыб кислородом. Если снижение содержание кислорода будет больше, то это будет говорить о вероятном переуплотнении посадки рыб в бассейне, либо о недостаточной интенсивности водообмена и потере кислорода при испарении.

В основе обоснования достаточного насыщения воды кислородом, соответствующего потребностям выращиваемых рыб, лежат уровни «средства гемоглобина кислороду», отражающие возможное количество кислорода, захватываемого из омывающей жабры воды и переносимого к органам и тканям.

Для рыб с «умеренным» потреблением кислорода, к которым относят карпа, растительноядных рыб, леща, карася, тиляпий, угря и других, следует выделять следующие уровни, срабатываемые при содержании в воде кислорода:

- 3 – 5 мг/л – первый уровень;
- 6 – 8 мг/л – второй уровень;
- более 8 мг/л – третий уровень.

Наиболее емкий по объему захватываемого и переносимого гемоглобином кислорода является второй уровень. Менее емкий, но значимый – первый уровень. Самый низкий – третий уровень.

Поэтому в УЗВ, где реально создать любую концентрацию кислорода нецелесообразно поддерживать уровень более 8 мг/л [184, 185].

Несомненно, что в проточных бассейнах невозможно обеспечить равномерное насыщение воды кислородом. Но в первой их половине реально. При этом надо учитывать, что с момента начала питания интенсивность потребления кислорода рыбами увеличивается. В первые 1,5 – 2 часа после кормления она возрастает, примерно в 2 раза. Далее возвращается к исходной. Не случайно, некоторые технологии в технической и биотехнической части предусматривают повышение содержания в воде кислорода в первые 1,5 – 2 ч с начала кормления [367, 416]. Есть примеры, когда в период кормления в воду добавляют «кислородные таблетки» [315].

Особое место среди рассматриваемой группы рыб занимают угорь и клариевый сом. Первый, поскольку в обеспечении организма кислородом значительная роль принадлежит кожному дыханию. Поэтому угорь переносит длительное снижение кислорода до 3 мг/л [159, 161, 236, 259]. Второй, поскольку имеет лабиринтовый орган и дышит атмосферным воздухом. Жаберное дыхание становится сопутствующим. Поэтому является достаточным содержание кислорода в воде 2 – 3 мг/л. При этом пищевая активность рыб высокая. Результаты выращивания клариевого сома при такой концентрации кислорода и при насыщении воды кислородом до 100 % не выявили предпочтения второго варианта при оценке скорости роста рыб [54, 310].

К оксифильным рыбам с повышенным потреблением кислорода относят, прежде всего, лососевых, осетровых рыб, судака. Уровни сродства гемоглобина кислороду для них следующие:

- 4 – 6 мг/л – первый уровень;
- 7 – 10 мг/л – второй уровень;
- более 10 мг/л – третий уровень.

Наиболее емкий второй уровень. Менее емкий третий, самый низкий – первый уровень.

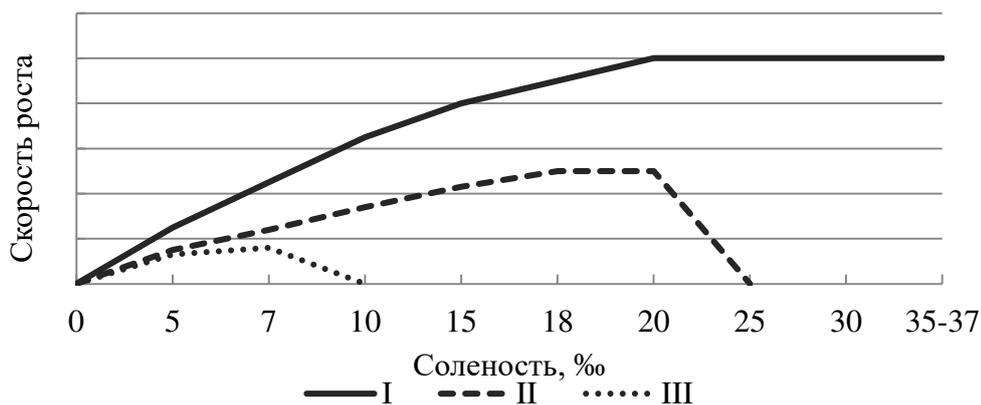
Допустимым для холодолюбивых рыб принято считать содержание углекислого газа в воде от 3 – 5 до 15 – 20 мг/л, для теплолюбивых от 3 – 5 до 30 – 40 мг/л [298, 299, 303]. Отсутствие углекислоты в воде недопустимо по причине нарушения дыхания рыб.

Таким образом, влияние газового режима, прежде всего, кислородного, как основного лимитирующего развитие рост рыб фактора, очевидно. Оно проявляется на всех этапах онтогенеза и непосредственно отражается не только на росте. Но и жизнестойкости рыб, качестве и количестве продуцируемых половых продуктов.

1.2.3 Влияние гидрохимических показателей на рыб

Среди гидрохимических показателей особое место следует отвести хлоридам, которые чаще отражают термином «соленость». Именно, соленость рассматривают как еще один основной лимитирующий рост рыб фактор. Ростстимулирующий эффект солености установлен для разных экологических групп рыб: пресноводных, солоноватоводных, эвригалинных. Но в разных диапазонах солености. Так для пресноводных этот диапазон 0 – 7(9) ‰, для солоноватоводных 0,3(0,5) – 15(18) ‰, для эвригалинных 0 – 35-37‰ [416, 428, 455]. Ростстимулирующий эффект достигается за счет снижающейся с повышением солености выработкой гипофизом половых гормонов и возрастания доли пластического обмена. Наиболее ярко это проявляется у эвригалинных рыб. Так, атлантический лосось, кета, горбуша, нерка, чавыча, кижуч за 2 – 3 года жизни в море достигают возраста полового созревания и массы от 1,5 кг (горбуша) до 7- 12 кг (лосось, чавыча, нерка, кижуч). Период жизни в пресной воде такой же продолжительности молоди позволяет ей достичь массы 30 – 50 г. А остающиеся в пресной воде до полового созревания карликовые формы имеют массу, как правило, менее 1000 г [140, 141].

В градиенте возрастания солености в указанных диапазонах увеличивается всасывающая поверхность эпителия кишечника, как следствие, увеличивается потребление пищи, что опосредуется в росте рыб. Помимо этого, изменения в минеральном обмене активируют ферментную и гормональную систему. Наглядно, ростостимулирующий эффект солености отражен на рис. 6. Как видно, для пресноводных рыб максимальный ростостимулирующий эффект достигается при 5 – 7 ‰. К тому же при такой солености отмечают изоосмотический тип осморегуляции, когда траты обменной энергии на осморегуляцию снижаются до минимума [410]. Для солоноватоводных рыб максимальный ростостимулирующий эффект достигается при 15 – 18 ‰. Для эвригалинных при 20 – 25 ‰ [416].



I – эвригалинные рыбы; II – полупроходные рыбы; III – пресноводные рыбы

Рисунок 6 – Ростстимулирующий эффект солености для разных групп рыб

Устойчивость рыб к солености повышается с возрастом. Личинки форели выдерживают соленость до 5 ‰, мальки до 10 – 15 ‰, сеголетки до 15 – 20 ‰. Более старшие рыбы выдерживают соленость до 35 – 37 ‰.

Близкое к лососевым отношение к солености у некоторых осетровых рыб (атлантический, сахалинский осетры). У большинства представителей этого семейства предельная для адаптации соленость 20 ‰. Среди тиляпий есть виды, которые способны выдерживать соленость до 30 – 35 ‰, но есть виды, которые не переносят соленость более 12 – 15 ‰ [310].

Среди сомовых канальный сом выдерживает соленость до 7 – 9 ‰, европейский до 3 – 5 ‰. Клариевый сом не переносит соленость выше 0,1 ‰ [85]. Это еще одна важная особенность этого вида, которую надо учитывать в биотехническом процессе, в частности при проведении лечебно-профилактических мероприятий.

Активная реакция среды (pH) отражает уровень стабильности химических связей. Наиболее стабильная связь при величине водородного показателя около 7 (нейтральная реакция). Уменьшение величины водородного показателя связывают с закислением воды, увеличение – с защелачиванием. При закислении и защелачивании происходит разрушение химических связей. В частности, что особенно важно учитывать при эксплуатации УЗВ, увеличиваются концентрации производных азота [315].

Практика эксплуатации УЗВ показала, что оптимальная для выращиваемых в УЗВ рыб величина водородного показателя 6,5 – 7. Допустимая верхняя граница 7,5. Стабильность pH в данном диапазоне является результатом взаимодействия в УЗВ зон закисления и защелачивания. Зоной закисления являются, как правило, бассейны с рыбой. Все остальные технические узлы (трубопроводы, дегазаторы) являются зоной защелачивания. Водородный показатель 6,5 – 7 в бассейнах отражает максимальную очистительную способность биофильтра. Водородный

показатель 7,5 показывает либо нарушение в работе биофильтра, либо диспропорцию в количестве выращиваемой рыбы и активной поверхности биофильтра, либо то, что биофильтр находится в стадии запуска и не достиг рабочего режима эксплуатации [532].

Производительность биофильтров по очистке технологической воды определяется площадью поверхности носителей заселяемой нитрифицирующими бактериями, преобразующими аммонийный азот в нитритный и нитратный. Последний представляет конечное звено и представлен наименее токсичной формой – нитратами. В большинстве биофильтров преобразование последнего в газообразную форму малозначимо, а использование денитрификаторов не эффективно по техническим и эксплуатационным характеристикам [315].

Поэтому для поддержания стабильных концентраций соединений азота используют ежесуточную подпитку свежей воды, замещающей часть выводимой технологической. При величине рыбопродукции в УЗВ до 40 – 60 кг/м³ достаточно ежесуточно подменивать 3 – 5 % воды в УЗВ. При 100 – 250 (500) кг/м³ необходимо подменивать 10 – 20 % воды [315, 388].

Прежде чем рассматривать уровень концентрации соединений азота в УЗВ следует уточнить какими показателями следует пользоваться. В большинстве нормативных источников указывают в качестве показателей и их допустимых значений [106, 299, 315]:

- суммарно аммиак и аммоний – до 0,5 (1,0) мг/л;
- нитриты – до 0,1 (0,2) мг/л;
- нитраты – до 50 (100) мг/л.

До скобок указаны значения, учитываемые при выращивании молоди. В скобках – при выращивании старшевозрастной молоди и товарной рыбы. Эти осредненные значения для большинства рыб, выращиваемых в УЗВ. Но для угря и клариевого сома допустимые значения существенно выше, соответственно, по приведенным показателям 5 – 10; 1 – 2; 500 – 1000 мг/л [497]. Однако, возвращаясь к первому примеру, можно обратиться к другим источникам, в которых показатели обозначены как [298]:

- азот нитритный – до 0,2 мг/л;
- азот нитратный – до 100 мг/л.

Если учесть близкий атомарный вес каждого элемента в молекуле, то в этом случае, когда используются предыдущие показатели, следует принимать содержание нитритов до 0,6 мг/л, нитратов до 400 мг/л. Со значением первого показателя, подтверждаемое наблюдениями, можно согласиться [298, 322]. По второму требуется проведение дополнительных исследований, поскольку в правильно эксплуатируемой УЗВ такие концентрации нитратов не реальны. Реальные только для клариевого сома, но о его особом отношении к соединениям азота упоминалось ранее.

На основании данных о влиянии соединений азота на рыб в УЗВ их также можно отнести к лимитирующим рост рыб факторам, поскольку первой реакцией рыб на некоторое превышение верхней границы допустимых значений является их вялость и отказ от корма. Дальнейшее повышение проявляется в острой форме токсикоза и гибели рыб. Все остальные гидрохимические показатели, с учетом соблюдения требований к качеству используемой воды, при выращивании рыбы следует рассматривать как сопутствующие.

1.2.4 Влияние уровня воды, интенсивности водообмена на рост и величину рыбопродукции

Прежде чем оценивать влияние уровня вода, следует учесть форму бассейнов. Их можно разделить на прямоугольные или овальные с центральной продольной перегородкой, квадратные (многоугольные) с закругленными углами и круглые бассейны [191].

Первые предполагают подачу воды с одной фронтальной стороны, а сток – с противоположной. В овальных бассейнах с продольной перегородкой подача воды и сток могут находиться на небольшом расстоянии друг от друга, поскольку направленная подача воды разделяет поток воды, что не допускает смешение свежей воды с отводимой технологической водой.

В квадратных, а также круглых бассейнах при наличии центрального донного водоспуска и направленной подаче воды, она циркулирует по кругу с максимальным ускорением потока к центральному водоспуску, что обеспечивает, с одной стороны, более равномерное распределение кислорода во всем объеме воды, с другой, достигается эффект самоочищения, когда экскременты выносятся из бассейна [106].

В проточных бассейнах эффект самоочищения, достигаемого в результате особой структуры потока воды, отсутствует. Но как показал первый опыт унификаций бассейнов по уровню воды вынос экскрементов может быть гарантирован определенным объемом воды и плотностью посадки рыб, а также интенсивностью водообмена [366]. В этом случае унификация уровня воды при выращивании крупного посадочного материала и товарной рыбы величиной близкой к 1 м, установление 1-3 кратного водообмена и высокой плотности посадки приводит к отрыву оседающих на дно экскрементов, размельчению их плавающей рыбой и выносу с потоком выходящей воды из прямоугольных бассейнов. В еще большей степени этот эффект проявляется в квадратных и круглых бассейнах. При уровне около 1 м и водообмене раз в час величина товарной продукции при выращивании порционной форели и стерляди до 120 – 150 кг/м³. При выращивании карпа и тиляпии, угря до 200 – 250 кг/м³ [31, 54, 148, 392]. При выращивании рыбы массой 1 – 3 кг величина рыбопродукции, как правило, не более 60 – 80 кг/м³ [148].

При увеличении водообмена до 3 – 5 кратного можно получить продукцию по угрю до 330 кг/м³ [31]. При сравнимом водообмене продукция форели составила 260 кг/м³ [391].

На величину продукции по клариевому сому влияют его биологические особенности. Поэтому даже при однократном водообмене величина продукции достигает 500 кг/м³ [205].

При выращивании личинок, мальков следует ориентироваться на величину водообмена до 2 – 4 раз/час. Соответственно определенному уровню воды и плотности посадки величина продукции по личинкам, как правило, 3 – 5 кг/м³, по малькам средним массой 5 – 10 г 10 – 20 кг/м³. Молоди массой 50 – 100 г 50 – 100 кг/м³. Увеличению величины рыбопродукции соответствует увеличение уровня воды, соответственно, 0,2 – 0,3 м, 0,4 – 0,6 м, 0,8 – 1 м [366].

На этапе выращивания личинок и мальков, чаще целесообразной является прямоугольная форма бассейнов. При выращивании посадочного материала квадратная или круглая.

В прямоугольных бассейнах, с учетом поведенческих особенностей, на этапе товарного выращивания целесообразно выращивать карпа, осетровых, угря, тилапий, клариевого сома. В квадратных – лососевых, осетровых, тилапий, канального сома, угря, судака. В круглых – лососевых, осетровых, сомовых [254, 366, 393, 512].

Ставка на использование при выращивании товарной рыбы в 70-80-е годы прошлого столетия силосных бассейнов с уровнем воды 5 – 10 м не подтвердилась, поскольку, как сказано ранее, унификация бассейнов по уровню воды подтвердила перспективу их использования. Но их использование возможно, и в этом плане имеет преимущество перед бассейнами с уровнем воды 1 м, при выращивании крупной рыбы массой 3 – 5 кг, прежде всего, лососевых. В основе этого учет социальных отношений между крупными рыбами, когда в одном кубическом метре, чтобы сохранить интенсивность роста рыб, не целесообразно выращивать более 10 – 15 рыб, а величина рыбопродукции составит около 40 кг/м³. С учетом уровня воды, конструктивных особенностей силосных бассейнов, позволяющих во всем объеме воды поддерживать достаточную концентрацию кислорода, с одного квадратного метра площади можно получать до 200 – 300 кг рыбопродукции. Но чаще нижняя конусная часть бассейна мало осваивается выращиваемой рыбой. С учетом этого величину рыбопродукции следует откорректировать до 150 – 200 кг/м². Это сопоставимо с рыбопродуктивностью бассейнов с уровнем воды 1 м [191, 366, 393, 455].

Таким образом, форма бассейнов, уровень воды, интенсивность водообмена оказывают определяющее влияние на выращиваемых рыб на разных этапах рыбоводного процесса.

1.2.5 Влияние плотности посадки на рост рыб и величину рыбопродукции

Как следует из ранее приведенных примеров, плотность посадки рыб в пруды, садки, бассейны является важнейшим биотехническим показателем, определяющим величину рыбопродукции.

В рыбоводных хозяйствах, где процесс выращивания многоэтапный, для реализации у рыб ростовой и адаптогенной потенции вынуждены постоянно корректировать величину плотности посадки. В связи с этим, по аналогии с абиотическими показателями, следует рассматривать варианты применения сверхнормативной, оптимальной (нормативной) и разреженной плотности посадки. Сверхнормативная плотность посадки приводит к излишней конкуренции рыб за пространство и пищу. Она может способствовать выносу части корма из рыбоводных емкостей при повышенной плавательной активности рыб, повышению концентрации экзометаболитов и ухудшению гидрохимического режима, снижению обеспеченности рыб кислородом. При этом может возникать стрессовая ситуация, вызывающая угнетение рыб и даже заболевание. Чаще это проявляется в снижении скорости роста рыб и жизнестойкости [254].

Ситуации, когда сверхнормативная плотность посадки дает положительный эффект, единичны. Например, переуплотнение посадки в бассейнах предличинок и личинок с целью сдерживания роста приводит к более качественному и равномерному развитию их органов, что в дальнейшем в нормальных условиях позволит реализовать ростовую и адаптогенную потенцию на более высоком уровне. Другой пример относится к канальному сому. При появлении чрезмерной агрессивности у рыб снять ее может переуплотнение в 2 – 3 раза посадки в садках или бассейнах [406, 461]. Наконец, целесообразность переуплотнения посадки может возникать при несоответствии выростных и нагульных площадей.

Нормативная плотность посадки часто соответствует оптимальной. Но понятие оптимальной надо рассматривать не только с позиции разрешения ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции, но и с учетом конструктивных особенностей рыбоводных емкостей и экономической эффективности рыбоводного процесса.

Опираясь термином «плотность посадки» следует опираться на следующие принципы, обосновывающие единицы измерения применительно к площади или объему рыбоводных емкостей:

- в случае установления постоянного уровня воды в бассейне 1 м правомерно применять плотность посадки в расчете на метр квадратный;

- в случае установления широкого диапазона значений уровня воды до 1 м на конкретном этапе выращивания правомерно применять единицу измерения в расчете на метр кубический.

На примере, учитывающем поведенческие особенности выращиваемых рыб, можно показать правомерность применения единицы измерения плотности посадки в расчете на квадратный метр садка. При создании конструкции погружных садков с помощью телеметрии была зафиксирована такая поведенческая особенность, когда популяция форели стремилась занять по вертикали слой воды 1 – 1,5 м, перемещаясь в зависимости от стимулов [279]. На основании

этого был сделан вывод о проявлении этого свойства у рыб, которым свойственно формирование стаи. Если основываться на этом свойстве, то можно на примере показать целесообразность использования единицы измерения плотности посадки в расчете на метр квадратный. Если взять два равных по площади садка, но имеющих разную глубину – первый 2 м, второй 5 м, то в случае применения норматива плотность посадки в расчете на метр кубический во второй садок пришлось бы посадить в 2,5 раза больше рыбы, чем в первый. Но как показывает практика, а также нормативная база, во втором садке имела бы место сверхнормативная плотность посадки.

При этом следует учитывать, что такой подход применим при выращивании порционной рыбы (300 – 500 г, максимум до 1000 г), поскольку, как ранее показано, у крупной рыбы поведение меняется ввиду социальной структуры. Для таких рыб применима единица измерения в расчете на метр кубический. Но если суммировать плотность посадки по вертикали садка или бассейна, то она окажется близкой с применяемой в расчете на площадь садка при выращивании «порционной» рыбы. Это могут подтвердить данные по выращиванию лососевых рыб в морских садках до средней массы более 3 кг [303, 393].

Закономерным является уменьшение плотности посадки рыб с возрастом. Это согласуется с нагрузкой биомассы выращиваемых рыб на рыбоводную емкость, когда сбалансированы два процесса: принос свежей насыщенной кислородом воды и вынос технологической воды, насыщенной продуктами метаболизма рыб. Например, при выдерживании предличинки лососевых рыб плотность посадки в бассейны может достигать 35 – 40 тыс. шт/м³, сомовых 100 тыс. шт/м³, осетровых 30 – 40 тыс. шт/м³.

При выращивании личинок плотность посадки лососевых до 25 – 30 тыс. шт/м³, сомовых до 60 тыс. шт/м³, осетровых 10 – 20 тыс. шт/м³, угря до 30 тыс. шт/м³ (при трехкратном водообмене до 100 тыс. шт/м³). При выращивании молоди массой до 10 – 20 г плотность посадки лососевых, как правило, не превышает 1 – 2 тыс. шт/м³, осетровых 1 тыс. шт/м³, сомовых до 5 тыс. шт/м³, угря до 5 тыс. шт/м³ [300, 301, 366, 392, 431].

В то же время биотехнические нормативы могут учитывать плотность посадки при выращивании молоди в бассейнах в расчете на метр квадратный, если для каждого этапа выращивания конкретизирован уровень воды. Например, при выращивании личинок форели при уровне воды в бассейне 0,2 – 0,3 м рекомендуемая плотность посадки 10 тыс. шт/м². При выращивании мальков при уровне воды 0,4 м – 4 тыс. шт/м².

Решающее влияние плотности посадки на скорость роста рыб можно показать на примере клариевого сома. При установлении плотности посадки 500 шт/м³ по достижении рыбами массы 10 г 50 % популяции достигает товарной массы 1000 г через 3 месяца, 40 % еще через месяц, оставшиеся еще через месяц [455]

При плотности посадки 1000 шт/м³ массы 500 г рыбы достигают через 6 – 7 мес. После сортировки и рассадки с плотностью посадки 400 шт/м³ вся популяция достигает товарной массы 1000 г в течение трех месяцев [455].

Из данного примера видна положительная роль сортировки, которая, как правило, преследует две цели: формирование одноразмерных групп и корректировка плотности посадки. Результат сортировки просматривается в ускорении роста рыб.

Причём, если устанавливаются обоснованные плотности посадки, то наибольший ростовой эффект, часто отмечают в группе рыб, ранее отставших в росте. В основе этого, как правило, проявление эффекта компенсационного роста [122, 141, 402]. В этом случае, рыбы ранее находящиеся под прессом более крупных и сильных рыб при кормлении, освоении объема рыбоводной емкости, попав в более благоприятные условия, реализуют задержанную потенцию роста с большей эффективностью.

Таким образом, плотность посадки следует рассматривать как важнейший биотехнический показатель, оперируя которым можно повысить управляемость рыбоводным процессом, как по времени выращивания, так и по достижению определенных размерно-возрастных характеристик и величины рыбопродукции.

1.3 Технологические особенности пастбищной и индустриальной аквакультуры

1.3.1 Техническое обеспечение рыбоводного процесса

Значимость технического обеспечения рыбоводного процесса следует рассматривать с нескольких позиций:

– создания условий, гарантирующих реализацию репродуктивной потенции ценных видов рыб, выращивание посадочного материала и товарной рыбы, и выпуск в пастбищные водоемы молоди, обеспечивающих достижение ожидаемого биологического и экономического эффекта;

– соответствующего уровня технических решений, обеспечивающих минимизацию аварийных ситуаций, способных нарушить биотехнический процесс;

– вклада в структуру затрат производственного процесса, формирующих себестоимость выпускаемой продукции.

Одно из важнейших технических решений направлено на обеспечение рыбоводных предприятий водой необходимого качества и в количестве, соответствующем расчетной структуре водного баланса.

В качестве водоисточников можно рассматривать реки, озера, подрусловые и артезианские воды. В соответствии с этим следует рассматривать два способа подачи воды из водо-

источников на рыбоводные предприятия. Самотечный, когда используют естественный или создают искусственный подпор воды выше рыбоводного предприятия [251]. В этом случае вода самотеком по трубам, желобам стекает в водоприемник-распределитель и далее распределяется по бассейнам, прудам, инкубационным аппаратам.

Механический, когда водоисточник находится на уровне расположения рыбоводного оборудования или ниже него. В этом случае с помощью насосов вода подается в водоприемник-распределитель, находящийся выше верхней точки размещения рыбоводного оборудования. Но есть и иные проявления, вытекающие из этих способов.

Например, если имеется мощный нагон воды вверх по руслу реки, то часть ее в период подъема уровня перераспределяется в водоем-наполнитель, из которого направляется в инкубационных цех, пруды, бассейны [251].

Наименее затратным при сооружении является способ забора воды, когда на относительно небольшом участке реки имеется значительный перепад высот. В этом случае под углом к потоку воды устанавливается стенка-отсекатель, вырезающая часть сечения реки. Поток воды, упирающийся в эту стенку, направляется в трубу или желоб, а далее в водоприемник, из которого поступает в инкубационный цех, бассейны, пруды [366, 463].

Чаще, подпор воды в реках обеспечивают плотины. Это позволяет не только накопить в головном пруду достаточный для рыбоводного предприятия объем воды, но и поднять уровень воды, создать гидравлическое давление в трубопроводах, определяющего их диаметр, согласующийся с их длиной [251].

Еще одним преимуществом является снижение скорости потока воды в пределах головного пруда, способствующее осаждению механических и органических взвесей. Тем самым, улучшая качество воды, подаваемой на рыбоводное предприятие [251].

При подаче воды самотеком, тем более механически с помощью насосов, устройство механических фильтров, задерживающих неорганические и органические частицы, часто становится обязательным [484]. Это могут быть фильтры в виде ряжевого оголовка, между стенками которого имеется засыпка гравия, щебня. За ряжевым оголовком имеется водоем (бассейн), накапливающий воду, прошедшую фильтрующий слой оголовка. Из него насосом вода подается на рыбоводное предприятие. Такая структура водозабора характерна для рыбоводных предприятий с большим водным балансом.

Для предприятий с относительно небольшой потребностью воды достаточно устроить в береговой зоне обратный песчано-гравийный фильтр, в котором крупность фильтрующих частиц последовательно уменьшается по направлению от внешней (река, озеро и т.п.) стороны к центру и увеличивается по направлению от центра к внутренней (бассейн-накопитель) стороне. Из бассейна-накопителя вода насосом подается на рыбоводное предприятие. Если есть возмож-

ность размещать рыбоводное предприятие ниже водоисточника, то в структуре водозабора также может быть обратный фильтр. Его преимуществом является периодическая промывка обратным током воды [251].

Устройство безнапорных механических фильтров при самотечной подаче воды должно ориентироваться на объем пропускаемой воды и крупность фильтрующих частиц. Чем выше расходы воды, тем больше должна быть крупность частиц, а также объем загрузки, что определяет габариты механического фильтра.

Для водоснабжения инкубационных цехов, рыбопитомников, работающих в режиме замкнутого водообеспечения, часто, используют «быстрые» песчаные, самопромывающиеся фильтры [315, 370, 503]. Но их эксплуатация должна предполагать наличие в водозаборе устройств, улавливающих крупные частицы, которые могут нарушить работу насоса, подающего воду на «быстрый» фильтр.

Наличие механических фильтров в структуре поверхностных водозаборов оправдано с позиции снижения или устранения содержания взвесей в воде, подаваемой в рыбоводные системы. Даже, при незначительном содержании взвесей при длительной инкубации икры, особенно лососевых, на оболочке икринок нарастает слой осевших взвесей, нарушающий связь развивающегося эмбриона с внешней средой. Как следствие, нарушение его жизнедеятельности, сопровождаемое аномалиями в развитии и повышенной гибелью [392].

В настоящее время на новых или реконструируемых предприятиях в качестве механических фильтров, часто, используют высокопроизводительные (до 1000 – 1500 м³/ч) барабанные и дисковые с отверстиями в сетном полотне которых от 20 до 110 микрон [512]. В зависимости от целей, размера и возраста рыб, требований к допустимому содержанию взвесей, может быть установлен тот или иной размер ячеек сетного полотна.

В установках замкнутого цикла применение механических фильтров направлено на удаление из искусственной экосистемы экскрементов рыб, слизи, чешуи, несъеденного корма, аллохтонных взвесей. Роль механических фильтров в общей схеме очистки воды обозначена 90 %. Это означает, что эффективность биологической очистки, задача которой трансформировать в малотоксичные или нетоксичные формы водорастворимые продукты метаболизма рыб, на 90 % зависит от работы механического фильтра [65, 315]. Попадание в биофильтр сколь-нибудь значимых по крупности органических частиц неизменно проявится в наслоениях на поверхности загрузки (носителей) и нарушит эффективную «работу» колоний нитрифицирующих бактерий, поселяющихся на них. В эффективной работе биофильтра важна регулярная регенерация поверхности носителей, очищение ее от отмирающих бактерий и освобождение для новых более работоспособных генераций [148, 315].

В связи с ролью в общей системе функционирования экосистемы УЗВ механических фильтров следует учитывать их конструктивные особенности.

Самые простые, но требующие постоянного обслуживания, фильтры со стабильной наклонной поверхностью. В основе функционирования этих фильтров, которые в Польше получили название «треугольные», наличие наклонного сетного полотна с отверстиями, как правило, не менее 0,3 мм [366]. Меньшие по размеру отверстия существенно усложняют эксплуатацию фильтров в части частоты промывки сетного полотна струей воды под давлением. С учетом приведенного размера отверстий пропуск органических частиц на биофильтр в значительном количестве очевиден. Но у этих фильтров есть ряд преимуществ. Первое связано с дешевизной по сравнению с другими конструкциями. Второе – с особенностями нарастания биопленки на внутренних поверхностях трубопроводов, отводящих воду из бассейнов. Достигая критической массы биопленка периодически отрывается и в виде пластин (полей) выносятся в зону фильтрации, закупоривая отверстия. В барабанных и дисковых фильтрах такая ситуация приводит к чрезмерным нагрузкам на вращающиеся и промывающие сетное полотно механизмы, что может приводить к их поломке. В «треугольном» есть возможность смывать эту массу и промывать сетное полотно по необходимости.

Наиболее часто применяются барабанные и дисковые фильтры. Их преимущество по одной из позиций показано ранее. Другая позиция связана с автоматическим режимом их работы и отсутствием необходимости привлечения ручного труда. Для того, чтобы исключить ранее описанную критическую ситуацию, со всей очевидностью, целесообразно наличие отвода на участке сливного трубопровода, до механического фильтра, для улавливания крупных агрегаций срывающейся биопленки. Правильный подбор диаметров сливных трубопроводов, согласующийся с расходом воды, скоростью ее течения, минимизацией изгибов (поворотов) труб сможет снизить эффект нарастания биопленки. Снизить нагрузку обрастания может ограничение плотности посадки рыб и величины рыбопродукции (до 40 – 60 кг/м³), но это уменьшит экономическую составляющую технологического процесса.

Характеристика основных конструкций механических фильтров дана ранее. Поэтому далее следует остановиться на конструктивных особенностях биофильтров.

Первые конструкции биофильтров предлагали учитывать площадь поселения нитрифицирующих бактерий на элементах, омываемых протекающей водой, насыщенной метаболическим азотом, представленным в формах свободного аммиака, аммония. А поскольку вода проходит через биофильтр с регулярной частотой, с учетом происходящих преобразований, еще, нитритов и нитратов.

Если рассмотреть в последовательности схему преобразования (рыбами до 90 % метаболического азота выделяется, в основном, через жабры в водорастворимом виде), то она следу-

ющая: свободный аммиак → аммоний → нитриты → нитраты. Преобразование проходит в присутствии аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий и кислорода [148, 254, 315].

Одними из первых по времени разработки следует признать лопастные фильтры, построенные по традиционной схеме «водяной мельницы». Поток воды заставляет лопасти, насаженные на вал, постоянно вращаться. При этом, при нахождении в воздухе обеспечивается баланс потребления кислорода, необходимого для протекания аммонификационного и нитрификационного процессов. При нахождении лопастей в воде происходит «захват» бактериями исходных для преобразования форм соединений азота. Применение такой конструкции биофильтра было предложено в «высокоинтенсивной» технологии выращивания рыбы в прудах [237, 401, 403]. Многократный водообмен в прудах обеспечивали в результате направления части сбрасываемой из прудов воды по участку мелиоративного канала в сторону водовыпуска. Расположение в этом канале лопастных фильтров обеспечивало биологическую очистку протекающей воды.

Но лопастные биофильтры относятся к низкопроизводительным по очистке воды от соединений азота. Если трансформировать это понятие в количество соединений азота утилизируемых в 1 м³ объема биофильтра в результате съедания рыбами определенного количества корма, то это соотношение будет: 0,3 – 0,5 кг корма / 1 м³ объема биофильтра [106, 315]. Еще одним показателем является эффективная площадь заселения бактерий по отношению к объему биофильтра. Для лопастных фильтров в модифицированной форме, когда на продольный вал насажены диски, это соотношение составляет: 50 – 80 м²/м³ [106]. В нашей стране (СССР) такой тип биофильтра под маркой «Stahlezmatic» был апробирован в составе УЗВ «Биорек» [13]. Позже в модифицированной форме на Можайском экспериментальном рыбоводном заводе. Более производительными являются биофильтры в форме вращающегося сетчатого барабана, заполненного пластмассовыми шариками. Площадь поверхности биофильтра до 185 м²/м³, а производительность по корму до 1 кг/м³ [106, 315].

Такую же производительность имеют «капельные» биофильтры. Отличие этих фильтров в том, что поверхности (пластинчатые, трубчатые в виде сот и др.), на которых поселяются бактерии, находятся в воздушной среде. Сверху подается от механических фильтров вода, которая стекает по поверхности плоскостей и собирается в распределительную емкость. Для увеличения производительности капельных биофильтров используют нагнетание воздуха навстречу стекающей воды, дополняя баланс кислорода в процессе преобразования метаболического азота [106, 315].

Перечисленные биофильтры, при отсутствии дополнительной оксигенации воды, рассчитаны на получение рыбопродукции 20 – 40 кг/м³. Более производительные биофильтры с неорганизованной загрузкой из полиэтиленовых гранул («ежей», «ершей» и т.п.). Если рассмат-

ривать в качестве загрузки биофильтра гранулы диаметром от 2 до 5 мм, то полезная площадь поверхности будет составлять 750 – 1700 м²/м³, «ежей», «ершей» - 600 – 750 м²/м³. Производительность таких биофильтров от 4 до 8 кг/м³ по корму.

Самые производительные биофильтры с постоянно регенерируемой загрузкой гранулированного полиэтилена. Для этих биофильтров при отмеченной выше полезной поверхности носителей производительность по корму составляет 20 – 25 кг/м³. Данные биофильтры часто обозначают термином «биореакторы» [106, 315, 532]. В них используют гранулы с плотностью 0,92 – 0,95, плавающие в объеме биофильтра. С плотностью более 1,0, концентрирующиеся в придонной части биофильтра. Преимуществом таких биофильтров является не только существенно большая производительность, но и способность пропускать через свой объем значительно большее количество воды. Это является результатом постоянного, в результате барботажа воздухом, разрыва контакта между гранулами. Именно, такие биофильтры рекомендовано использовать при создании 3 – 5 кратного водообмена в бассейнах [502].

Еще одним преимуществом биореакторов является отказ от использования в составе технических узлов УЗВ дегазатора, поскольку углекислый газ эффективно удаляется из воды в процессе постоянного барботажа загрузки биофильтра воздухом. Поэтому, как правило, после биореактора размещают распределительную емкость.

Дегазатор совмещает три функции:

- дегазация воды от избытка углекислого газа;
- удаление с пеной, образующейся в результате барботажа всего объема воды, мелких органических частиц, выносимых из биофильтра;
- распределение вышедшей из биофильтров воды по назначению.

Под назначением следует понимать направление части или всего объема воды на оксигенатор. Когда речь идет о части воды, то другую часть направляют по отдельному трубопроводу. Два потока (оксигенированной и неоксигенированной) воды затем соединяются и только потом направляются в ультрафиолетовое устройство. Аналогичная схема применяется, когда вместо дегазатора используют распределительную емкость.

Целесообразность оксигенации всего объема циркулирующей в УЗВ воды показана, как правило, для небольших, в том числе, экспериментальных установок. В промышленных УЗВ, чаще, оксигенации подвергают часть циркулирующей воды (1/4 – 1/3 от общего объема). В оксигенаторе она насыщается кислородом до 300 – 400 %, а после соединения двух потоков насыщение подаваемой в бассейны воды, как правило, составляет 100 – 200 % [315].

Оксигенаторы следует разделять на напорные и безнапорные. Ранее рассмотренная схема больше применима для напорных оксигенаторов. В этом случае, обязательным механизмом становится насос, который забирает воду из распределительной емкости (дегазатора) и подает в

оксигенатор. В него же по трубопроводу подается кислород от газификатора или генератора кислорода, снабженного ресивером.

Давление подаваемой в оксигенатор воды и кислорода должно уравниваться таким образом (от 2 до 4 бар), чтобы «сухая» часть его объема обеспечивала определенную степень насыщения воды кислородом. Именно, в этой части в процессе падения капель (разбитой струи воды) происходит более эффективное насыщение воды кислородом. В «жидкой» части внутреннего объема оксигенатора эффективность насыщения ниже.

Безнапорный оксигенатор предполагает создание давления воды, поступающей в него, в результате «падения» из биофильтра (распределительной емкости), чаще, всего объема вытекающей воды. Оптимально, чтобы создать необходимое давление, градиент «падения» воды должен быть от 4 до 6 м. А это предполагает большие габариты биофильтров и оксигенаторов, в сравнении с вариантом использования напорных оксигенаторов. В безнапорных оксигенаторах снижена затратная статья, связанная с расходом электричества на работу насосов [106, 315, 512].

Целесообразность наличия в составе технологических узлов УЗВ ультрафиолетовых устройств объяснима с позиции уменьшения бактериального фона в циркулирующей воде. Эффективность ингибирующего действия ультрафиолетового света возрастает в результате 24-кратного в сутки прохождения воды при водообмене 1 раз/ч, 48-кратного при водообмене 2 раза/ч, 72-кратного при водообмене 3 раза/ч [315]. Внешне это проявляется в осветлении воды.

Однако, если в установке сверхмощный источник органического загрязнения (переуплотненные посадки) или понижена эффективность работы механического фильтра, то возникает повышенная мутность циркулирующей в УЗВ воды. В этом случае эффективность ингибирующего действия ультрафиолетового излучения резко снижается.

В связи с этим возникает вопрос: можно ли эксплуатировать УЗВ при отсутствии ультрафиолетового устройства. Существующая практика показывает возможность, но, при этом, должны учитываться форма бассейнов, обеспечивающая эффективный вынос продуктов метаболизма, интенсивность водообмена, скорость потока воды у внутренних поверхностей, в том числе трубопроводов, минимизирующая нарастание биопленки, чистота воды после механической фильтрации, высокий уровень биологической очистки и насыщения воды кислородом [315].

При выращивании клариевого сома, учитывая высокую плотность посадки и величину рыбопродукции, высокую температуру воды, как следствие повышенную мутность воды, использование ультрафиолетовых устройств, как правило, нецелесообразно [366].

1.3.2 Технологические схемы разведения и выращивания рыб

Как отмечалось ранее, температура воды оказывает основное (решающее) влияние на развитие рыб. Это свойство учитывают на всех этапах рыбоводного процесса. Для весенненерестующих рыб, таких как карп, радужная форель, осетровые, судак, линь, рыбец, щука и т.д., завершение созревания проходит на фоне повышения температуры воды от самых низких значений зимнего периода до нерестовых: для карпа до 15 – 20 °С, радужной форели 5 – 10 °С, осетровых 10 – 20 °С, судака 12 – 17 °С, линя 20 – 25 °С, рыбаца 12 – 20 °С, щуки 2 – 13 °С [254, 339]. Для осенненерестующих, таких как атлантический лосось, кумжа, ручьевая форель, дальневосточные лососи, сиговые, форель камлоопс, налим и др., завершение созревания проходит на фоне снижения температуры воды от 10 – 12 °С до 4 – 6±3 °С [140, 143].

При этом, как для весенненерестующих, так и осенненерестующих рыб, в этот период показательно влияние на созревающих рыб фотопериода и интенсивности освещения [332]. Можно признать, что два этих фактора в этот период из разряда сопутствующих переходят в лимитирующие процесс созревания. В основе этого передача стимула, обусловленного фотопериодом и интенсивностью освещения, по нейро-гуморальной системе на железы, вырабатывающие гормоны, стимулирующие завершение созревания половых клеток [373, 379]. Поэтому большинство технологических схем разведения разных объектов аквакультуры учитывают целесообразность сохранения динамики рассматриваемых факторов. Так, при разработке технологии разведения судака в промышленных условиях в Ольштынском институте пресноводного рыбного хозяйства (Польша) обязательным биотехническим элементом учитывали продолжительностью фотопериода. Это, как считают авторы, позволило решить поставленную цель. В прудовых, бассейновых, садковых хозяйствах, поскольку они находятся либо на открытом воздухе, либо под навесом, сезонная и годовая изменчивость фотопериода и интенсивности освещения сохраняется на естественных уровнях проявления [125]. Поэтому фотопериоду и интенсивности освещения, как биотехническим элементам, не придается значения.

Иная ситуация складывается в рыбоводных системах, изолированных от внешнего освещения. Например, в УЗВ, которые стараются размещать в полностью закрытых помещениях, исключая потери тепла (холода). Тем более, что в настоящее время принят унифицированный подход к поддержанию определенной температуры воды в установках. Этот подход предполагает поддерживать определенную температуру воды через нагрев или охлаждение помещения, в котором размещена(ы) УЗВ. Отсутствие окон, стеклянных крыш, с целью удержания на стабильном уровне климата внутри помещения, делает объективным применение искусственного освещения. Но здесь появляется вопрос: какова должна быть продолжительность фотопериода и интенсивность освещения. Об интенсивности освещения говорилось ранее и в настоящее

время для разных видов рыб, этапов их разведения и выращивания, в целом, установлены параметры искусственного освещения [366]. Относительно продолжительности фотопериода существуют два подхода: пример, относящийся к первому приведен ранее, второй основан на установлении статичного фотопериода. В этом случае на всех этапах содержания рыб, в пределах репродуктивного цикла, длительность световой и темновой фазы суток равны 12 часов.

Такой подход был апробирован при создании технологии разведения канального сома в УЗВ со смещенными сроками созревания и кратности нереста [409, 443]. На первом этапе экспериментальных работ был апробирован астатичный световой режим, который никоим образом не повлиял на созревание производителей канального сома. Поэтому решение поставленных задач было переведено на статичный режим освещения, которое было успешно реализовано. Определяющим результатом достижения цели было признано влияние температуры воды. Поэтому, приступая к разработке технологии разведения судака в УЗВ, учитывали достаточность установления статичного фотопериода. Это позволило ускорить решение поставленных задач и сократить в три раза продолжительность разработки технологии по сравнению с польским опытом, где ставка была сделана на астатичный фотопериод [558].

Ранее отмечали, что у весенненерестующих рыб завершающий этап созревания половых продуктов проходит на фоне постепенного увеличения температуры воды до значений, при которых отмечают овуляцию икринок у самок и спермацию у самцов [391, 392]. Причем, длительность созревания производителей в пределах нерестового периода может быть разной. При большой численности маточного стада, отсутствия селекции по признаку одновременности созревания, она может достигать, например, у радужной форели 2 – 2,5 месяцев, у осетровых 2,5 – 3,5 месяцев, у карпа 1 – 1,5 месяцев [141, 303, 304, 407, 455]. В определенной степени столь длительной реализации репродуктивной потенции способствуют не только присущая популяции структура ее нерестовой (половозрелой) части, но и поддержание длительный период температуры воды на уровне значений близких к нижней границе нерестового диапазона.

Ранее отмечали наличие временной структуры нерестового хода щуки, рыбака, линя в рр. Немонин и Шешупе, которая позволяет популяциям рыб сохранить воспроизводительный потенциал на уровне, соответствующем сохранению своей численности [89, 177, 188]. Но, в рыбоводстве на первый план выходит биотехническая и экономическая целесообразность производственного процесса. Поэтому важным становится, во-первых, сокращать продолжительность каждого этапа рыбоводных работ, во-вторых, выращивать более одноразмерный и крупный посадочный материал, в-третьих, снижать эксплуатационные затраты.

Поэтому, признавая то, что лососевые рыбы, для которых влияние температуры воды в период созревания столь высоко, что нивелирует действие других экологических факторов и применение гипофизарных препаратов становится нецелесообразно.

Следует отметить, что как в искусственном воспроизводстве, так и товарном рыбоводстве удлинение вегетационного сезона, а значит выращивания более крупного посадочного материала, получило достаточно широкое распространение. Прежде всего в результате изменения температурного режима преднерестового и нерестового содержания производителей, при инкубации икры, выращивании личинок и мальков [358, 402].

Впервые эффект сдвига сроков созревания производителей карпа, осетровых, канального сома был достигнут в хозяйствах на сбросных теплых водах [157]. Этому способствовали более продолжительный период межнерестового нагула производителей, адаптация рыб в поколениях к более высокой температуре преднерестового содержания. Поэтому стало реальным созревание производителей карпа в феврале-марте, выращивания молоди в условиях управляемого температурного режима до массы 10 г к маю. Последующее выращивание ее в прудах при плотности посадки, принятой при нагуле двухлетков, позволяет достичь товарной массы 500 г в возрасте сеголетков [407].

Для большинства же объектов искусственного воспроизводства и товарного рыбоводства гормональные инъекции обязательны по причине того, что влияние температуры воды в отсутствие других экологических факторов, становится недостаточным для завершения созревания половых клеток. Чаще у рыб обоего пола. Но при создании технологии разведения канального сома, при воздействии температурой воды и гипофизарными инъекциями, от самок получали овулировавшую икру, самцы же отказывались участвовать в нересте [288, 409, 461]. Поэтому в данной технологии было предложено изъятие одного (прижизненная реализация части половых продуктов) или двух семенников с последующим дроблением их и процеживанием через многослойную марлю семенной жидкости на сцеженную икру. Данный метод хирургического изъятия семенников с целью получения зрелой спермы, в том числе, по причине крайне малого объема эякулята, в настоящее время используется при искусственном воспроизводстве на основе индустриальных методов разведения канального, клариевого, европейского сомов, щуки [23, 54, 188, 205, 351]. Методически, данная технология получения зрелой спермы, доступна для других видов рыб, самцы которых продуцируют малый по объему эякулят. Еще одной причиной выбора такой технологии получения зрелой спермы является то, что у самцов рыб из естественных популяций при длительном (более 3 суток) выдерживании в бассейнах при сцеживании в большом количестве выделяется моча, что затрудняет процесс получения качественной спермы. При смешивании мочи со спермой снижается подвижность сперматозоидов, в целом, процент оплодотворения икры.

Универсальность карповых гипофизов, изъятых, чаще у сазана, карпа, леща, доказана длительной отечественной и международной практикой. Причем, результативность их приме-

нения показана не только для пресноводных, но и некоторых морских рыб, например, кефали [299].

В то же время, есть примеры, когда применение карповых гипофизов неоднозначно для рыб разного пола. Например, самцы щуки положительно откликаются на инъекции суспензии карповых гипофизов. Самки положительно реагируют только на видоспецифичные гипофизы [188, 351].

Применение синтетических гормональных препаратов нашло достаточно широкое применение в европейских странах. В частности, сравнение эффективности действия синтетического препарата «овопели» и карпового гипофиза в дозировках самкам клариевого сома 25 мг/кг и 4,5 мг/кг, соответственно, показало однозначность их применения [497].

В отечественной практике получил распространение «сурфагон». Его применение эффективно, например, для самок севрюги, русского осетра и белуги, для самцов всех осетровых. Для стерляди и сибирского осетра эффективность препарата не столь однозначна. Тем не менее, при работе с осетровыми рыбами можно ориентироваться на разработанные М.С. Чебановым и соавторами (2004) рекомендации [334]. Обоснованность применения синтетических гормональных препаратов в значительной степени связана со сложностью заготовки гипофизов рыб, прежде всего осетровых, численность которых в природе резко снизилась.

Универсальность карповых гипофизов при инъектировании большинства объектов отечественной и зарубежной аквакультуры подтверждена многими исследователями [41]. Признано, что их использование предполагает, с одной стороны, учет нерестовой температуры и установление общего объема гипофизарного препарата, с другой стороны, выбор схемы одно- или многократных инъекций.

Если рассматривать диапазон нерестовой температуры, то при значениях крайних низких общее количество гипофизарного препарата наибольшее, при крайних высоких наименьшее. Например, для русского и сибирского осетров при температуре воды 10 – 12 °С количество ацетонированного гипофизарного препарата осетрового 2,5 мг/кг, карпового 4,0 мг/кг, при 18 – 20 °С 1,0 и 1,5 мг/кг, соответственно. Для стерляди при температуре 10 – 12 °С 4,0 и 6,0 мг/кг, соответственно. При 16 – 18 °С 2,5 и 3,5 мг/кг, соответственно. Аналогичную тенденцию можно показать и для других видов рыб [201, 301, 393, 394, 402].

При этом надо учитывать, что количество гипофизарного препарата зависит от степени поляризации ядра в яйцеклетке. Чем выше коэффициент поляризации, тем больше количество препарата следует ввести, чтобы завершилось созревание половых клеток. А это требует предварительного проведения биопсии или иных приборных методов исследования гонад и половых клеток [97].

В то же время, возможно применение неизменной дозировки в пределах диапазона нерестовой температуры, как показано для клариевого сома. При отмеченных ранее дозировках оводоля или карпового гипофиза овулирование икры наступит при 18 °С через 21 ч, при 22 °С через 15 ч, при 25 °С через 11 ч, при 28 – 30 °С через 7 – 8 ч [54, 205].

В то же время, даже, при формировании групп самок осетровых с близкими значениями коэффициента поляризации продолжительность индивидуального созревания рыб может существенно отличаться. Так, например, самок русского осетра после инъектирования созревают при температуре 10 °С в течение 48 – 73 ч, при 12 °С 34 – 51 ч, при 15 °С 24 – 36 ч, при 18 °С 19 – 28 ч, при 24 °С 15 – 23 ч. Самок стерляди при 10 °С через 35 – 60 ч, при 12 °С 25 – 45 ч, при 15 °С 18 – 33 ч, при 18 °С 13 – 24 ч, при 20 °С 11 – 21 ч. Аналогичная тенденция характерна и для других осетровых рыб [304, 463]. Из этих данных видно, что с увеличением температуры воды интервал между началом и завершением созревания уменьшается. Так же как и продолжительность созревания после инъекций. При выборе схемы инъектирования самок рыб чаще применяют дробную инъекцию. При этом, предварительная инъекция препарата составляет, как правило, 1/8 – 1/10 от общего количества. Однако, при высоком значении коэффициента поляризации может повышаться до 1/4 – 1/3. В то же время, как показано на клариевом соме, достаточно сделать однократную инъекцию, исключая предварительную.

Дробная схема инъектирования может предполагать одну (разрешающую) после предварительной. Такая схема, чаще, применяется при инъектировании самок осетровых рыб, карпа с положением ядра в периферийной зоне ближе к оболочке. При положении ядра в центре или на пути миграции к периферии яйцеклетки применяют более кратные инъекции от 2 до 5 [394, 463]. Общепринятым подходом при инъектировании самцов является введение 50 % количества гипофизарного препарата от расчетного для самок. Причем, вводить препарат рекомендуется тогда, когда делают разрешающую инъекцию самкам. Однако, для самцов осетровых рыб целесообразной может быть дробная схема инъектирования. Выбор схемы, предполагающей предварительную инъекцию, зависит от температуры воды. Вначале и конце нерестового периода схема дробной инъекции предполагает предварительную, когда количество гипофизарного препарата составляет 1/5 – 1/8 от общего. В остальное время, чаще применяют однократную инъекцию [394, 463].

Высокую эффективность показала методика, разработанная Э.В. Бубунцом (2010), предполагающая предварительную инъекцию севрюге, русскому и сибирскому осетрам, белуге карповым гипофизом, разрешающую сурфагоном [41].

Технологии инкубации икры разных объектов аквакультуры основаны на учете особенностей эмбриогенеза, технического обеспечения процесса инкубации икры и применяемой биотехники.

Холодолобивые объекты аквакультуры отличаются спецификой температурного режима в период эмбриогенеза, проектируемом в его продолжительности. Для рыб с осенним нерестом, перечень которых приведен ранее, общим свойством является размножение при температуре воды 4 – 6 °С, с возможным отклонением на 2 – 3 °С в обе стороны от указанного диапазона [141].

Продолжительность периода эмбрионального развития от 3 до 6 – 7 месяцев. Для дальневосточных лососей в структуре эмбрионального периода развития следует выделить, в зависимости от температуры воды, этап продолжительностью 30 – 45 сут до появления пигмента в глазах эмбриона, этап продолжительностью 40 – 70 сут до вылупления. Еще 15 – 30 сут предличинки находятся в нерестовых гнездах [141, 392]. Соответственно этим особенностям, с учетом технических возможностей по регулированию температуры воды, на рыбоводных предприятиях планируется процесс инкубации. Возможный диапазон температуры при инкубации от 3 до 8 °С.

Нерест сиговых, чаще, проходит при температуры воды близкой к 0 °С и в течение эмбрионального развития преобладает температура воды до 1 °С. Соответственно этим условиям, продолжительность эмбриогенеза достигает 170 – 220 сут, а стадия пигментированных глаз наступает на 50 – 70 сутки после оплодотворения икры. Данная стадия представляет интерес с позиции учета периода пониженной чувствительности икры к механическому воздействию, что обосновывает целесообразность транспортировки икры [302, 393].

Длительность эмбрионального развития рыб с осенним и ранним зимним нерестом в условиях естественного температурного режима обосновывается с позиции «единства организма и окружающей среды». Логика эмбрионального и раннего постэмбрионального развития учитывает, что к моменту завершения инкубации и следующего за ней этапа выдерживания предличинок температура воды повысится до значений, когда ее плотность снизится, создадутся условия для развития кормовых организмов. В результате создадутся условия для полноценного развития и роста личинок, когда траты обменной энергии на плавательную и поисковую пищевую активность будут, в соответствии с «числом Рейнольдса», отражающим взаимосвязь скорости плавания рыб с плотностью воды, компенсироваться энергией пищи [5, 317]. Те изменения в климате, которые произошли в последние десятилетия, отразились на термическом режиме водоемов [487]. Для осенне-зимне- и ранне-весенне нерестующих рыб показаны сдвиг сроков созревания на более ранние при более высокой (на 1 – 3 °С) температуре воды. Как следствие, ожидается более раннее вылупление предличинок. Но, как ранее отмечалось, к тому периоду, когда личинки начинают питаться, температура воды в марте-апреле понижается, плотность воды возрастает, новообразование биомассы в трофических цепях замедляется, обеспеченность пищей уменьшается [5]. Условия для массовой гибели личинок очевидны. Вероят-

но, это одна из причин длительной стагнации популяций налима, щуки, сига, снетка в бассейне Куршского залива в последние десятилетия [33].

Для весенне-нерестующих при температуре выше 12 – 20 °С рыб, как отмечалось ранее, условия для формирования численно значимых поколений, в целом, благоприятные [52, 563]. Подтверждением тому относительная стабильность ОДУ леща, судака, густеры, плотвы [376, 377].

В соответствии с особенностями эмбрионального и раннего постэмбрионального развития обосновывается выбор технологических схем разведения рыб в части технического обеспечения. В связи с этим, следует отметить, что развитие искусственного воспроизводства ценных видов рыб проходило по двум направлениям. Первое связано с созданием в рыбоводных хозяйствах условий, максимально воссоздающих природные. К этому направлению следует отнести рыбцовые рыбоводные заводы и нерестово-выростные хозяйства разного типа [239, 358].

В этих рыбоводных хозяйствах на всех этапах искусственного воспроизводства воссоздаются условия (температура воды, газовый, химических режим, водообмен, фотопериод, субстрат и др.), совпадающие с теми, которые свойственны нерестовому биотопу разводимых рыб. Иногда, на отдельных этапах биотехнического процесса (выдерживание производителей, инкубация икры) применяют управляемый режим температуры воды, гормональное стимулирование производителей. Эта характеристика применима для осетровых рыбоводных заводов, в которых применяют на основных этапах выращивания прудовой (садковой) способ содержания и выращивания рыб [238, 355, 358].

Основной перечень технических средств, апробируемых в составе технологических процессов искусственного воспроизводства по данному направлению, представлен следующими позициями:

- орудия для отлова производителей рыб;
- транспортные средства (прорези, живорыбные машины, контейнера) для перевозки производителей;
- садки (пруды) для преднерестового выдерживания производителей;
- нерестовые пруды (канавы);
- личиночные (мальковые) пруды;
- выростные пруды;
- вспомогательные технические средства, обеспечивающие функционирование предприятий [358].

Если на отдельных этапах биотехнического процесса вводят управляемый режим ряда факторов (температура воды, газовый режим, кормление), то для выдерживания производителей используют бассейны разной формы и размера (круглые диаметром 3 – 7 м, квадратные с

закругленными углами со сторонами 2 – 4 м, прямоугольные со сторонами 4 – 6 × 1,5 – 2,5 м), с уровнем воды 1 – 1,5 м. Для рыбака, шемаи, кутума, сома, осетровых целесообразно использовать инкубационные аппараты «Ющенко» или «Осетр», которые в своей конструкции учитывают гидрологические особенности нерестилищ и свойство предличинок активно реагировать на сток воды. Для туводных (каarp, сазан, лещ, судак и т.д.) чаще применяют инкубационные аппараты Вейса, с объемом воды в колбах от 7 до 12 л [358]. Однако, чаще в рыбоводных хозяйствах данного направления всем этапам процесса размножения, соответствует естественный экологический фон.

Второе направление искусственного воспроизводства связано с освоением на всех этапах индустриальных методов. Заготовленных в реках, озерах производителей ценных видов рыб помещают на выдерживание в бассейны, пруды, в которых устанавливают водообмен, соответствующий плотности посадки [358].

Для лососевых показано длительное выдерживание производителей в садках, установленных в водоемах, учитывающее решающее влияние температуры воды на созревание половых продуктов [455].

В бассейнах, реке прудах, при имеющихся технических возможностях, на определенных этапах выдерживания устанавливают такой температурный режим, который способствует завершению созревания половых продуктов у производителей. Показательным примером является использование тепловых насосов для установления соответствующего каждому этапу рыбоводного процесса оптимального температурного режима при искусственном воспроизводстве лососевых [281-283]. Благодаря использованию тепловых насосов продолжительность биотехнического процесса при выращивании смолтов атлантического (балтийского) лосося в проточных бассейновых хозяйствах удалось сократить в 2 – 3 раза [391]. Однозначный результат следует ожидать при искусственном воспроизводстве осетровых, сомовых, окуневых и др. Регулирование температуры воды в результате использования электричества, пара, горячей воды более затратно и энергоемко. Но, в результате регулирования температурного режима достигают несколько «эффектов»:

- сдвиг сроков созревания производителей на более ранние сроки;
- сокращение продолжительности выращивания личинок, мальков, сеголетков (годовиков, двухлетков, двухгодовиков) рыб;
- достижение у выращиваемого посадочного материала таких размерно-весовых кондиций, которые гарантируют более значимый промысловый возврат и экономическую эффективность процесса искусственного воспроизводства.

Развитие нового направления аквакультуры – выращивание рыбы в УЗВ, позволило сделать процесс искусственного воспроизводства более управляемым. Регулированию в УЗВ подвержены не только температурный, но и газовый, химический режимы [106, 107].

Доместикация рыб, объектов искусственного воспроизводства, в УЗВ, так же как и в других типах рыбоводных хозяйств, позволяет сохранить и реализовать воспроизводительный потенциал редких и исчезающих видов рыб.

Более показательным примером является содержание маточных стад осетровых рыб в прудовых, бассейновых, садковых хозяйствах и УЗВ [463], Учитывая то, что в природе численность популяций большинства осетровых рыб достигла критического состояния, сохранение их генофонда в рыбоводных хозяйствах является единственной альтернативой естественному воспроизводству, основанному на использовании «диких» производителей [46, 47].

Учитывая крайне высокую капиталоемкость строительства прудовых хозяйств и длительный срок окупаемости вкладываемых средств, перспектива этого направления товарного рыбоводства не очевидна. Исключения, пожалуй, могут составлять прудовые хозяйства, отличающиеся интенсивным водообменом (полная смена воды через 1 – 12 ч). В зависимости от региона их размещения и температурного режима в течение вегетационного сезона объектами выращивания в них могут быть радужная форель, стерлядь, русский и сибирский осетры, промышленные гибриды осетровых, карп, европейский сом. При площади прудов 200 – 500 м² величина рыбопродукции может достигать 40 – 100 кг/м² (3). Фактически технологии выращивания рыбы в таких прудовых хозяйствах основаны на базе индустриальных методов, со всеми присущими атрибутами:

- высокая плотность посадки и величина рыбопродукции;
- интенсивный водообмен;
- кормление высокобелковыми кормами;
- насыщение подаваемой в пруды воды кислородом более 100 %.

Такой же принцип заложен в эксплуатационные характеристики бассейновых хозяйств. Причем, при выращивании посадочного материала при высокой плотности посадки молоди, частых сортировках, целесообразным является использование пластиковых бассейнов площадью от 2 до 20 м², с уровнем воды от 0,2 до 1 м и водообменом 1 – 4 раза в час. При выращивании товарной рыбы, с целью удешевления строительства, целесообразным становится использование бетонных бассейнов разной формы, площадью от 20 до 500 м², с уровнем воды 1 – 1,5 м [301, 393, 469].

В отечественном форелеводстве на Северном Кавказе, в Армении получили распространение бассейновые хозяйства, снабжаемые артезианской водой с температурой воды 14 – 15 °С в течение года [301, 303, 392, 393]. Но, более массовый характер получило в России выращива-

ние радужной форели в садках, размещаемых в озерах и водохранилищах [392]. Но, если при строительстве прудовых и бассейновых хозяйств, реально предусмотреть механическую и биологическую фильтрацию технологической воды, а, тем самым, снизить сброс неочищенной воды в поверхностные водоисточники, то в садковых хозяйствах решить эту проблему нереально. Поэтому, рассчитывая мощность садкового хозяйства по выращиванию форели или осетровых, следует учитывать ряд экологических факторов, которые обеспечивают самовосстановление (самоочищение) водоема от пресса органики, исходящей из садков [366, 393].

Выращивание рыбы в хозяйствах на сбросных теплых водах ТЭЦ и АЭС с технологической точки зрения обосновано длительным опытом научных исследований и производства товарной рыбы [182, 336].

Преимущество, которое дает более длительный вегетационный сезон, 1,5 – 2 и более кратное увеличение теплового баланса, температура воды в зимний период, позволяющая кормить рыбу и сохранять в норме ее физиологическое состояние, открывает возможности выращивать товарную рыбу с более высокими размерно-весовыми характеристиками, сокращать продолжительность рыбоводного процесса [182, 336].

Если технология разведения карпа не позволяет сместить сроки созревания так, чтобы потомство достигало кондиций товарной рыбы в течение одного вегетационного сезона, то можно применить комбинированную технологию, основанную на выращивании посадочного материала в УЗВ, товарной рыбы в тепловодном хозяйстве [407]. В рамках такой технологии можно расширять перечень объектов разведения и выращивания, включив в него осетровых, канального, клариевого сомов, тиляпий. Но, если по сомам и тиляпиям продолжительность технологического цикла от икринки до товарной кондиции оценивается в пределах календарного года (12 месяцев), то по осетровым, только для стерляди, при учете длительности вегетационного сезона с температурой воды более 18 °С, не менее 210 – 240 сут, при переводе на товарное выращивание подроженной молоди (5 – 10 г), возможным становится выращивание «порционной» рыбы. По другим осетровым (сибирский, русский осетры, промышленные гибриды) при таком температурном режиме к концу первого года средняя масса молоди (сеголетков) может достичь 600 – 800 г [254, 304].

При реализации технологий, основанных на сроках созревания производителей карпа, осетровых, канального сома в период с марта по май, к концу первого вегетационного сезона средняя масса сеголетков карпа, как правило, 40 – 100 г, стерляди 60 – 80 г, сибирского осетра 150 – 200 г, канального сома 15 – 30 г. К концу второго вегетационного сезона средняя масса двухлетков карпа достигает 500 – 900 г, стерляди 200 – 300 г, сибирского осетра 600 – 800 г, канального сома 400 – 450 г. Из этих осредненных данных видно, что для стерляди и сибирского

осетра требуется еще один вегетационный сезон, чтобы первая достигла 400 – 700 г, второй 1500 – 2400 г [254, 304].

Учитывая то, что канальный сом отличается высокой лабильностью к температуре воды, все этапы его выращивания проводят, используя в качестве водоисточника сбросной канал теплой воды и водоем-охладитель [409]. Для клариевого сома температура воды ниже 14 – 15 °С губительна. Поэтому производителей и молодь за пределами вегетационного сезона необходимо содержать в условиях регулируемого температурного режима. Те же требования к содержанию предъявляются к тилапиям [54, 205]. Учитывая требования выращиваемых на теплых водах рыб к абиотическим факторам и отсутствие в водоемах-охладителях, как правило, стратификации температуры воды нет необходимости использовать для выращивания садки глубиной более 2 – 3 м [455].

С учетом комплексного проявления в диапазоне оптимальных значений абиотических факторов в водоеме-охладителе и садках величина рыбопродукции по товарному карпу может достигать 100 – 120 кг/м², толстолобикам в режиме поликультуры 30 – 40 кг/м², осетровым до 60 – 80 кг/м², канальному сому до 80 – 100 кг/м², клариевому до 200 – 300 кг/м². При этом следует учитывать, что водоем-охладитель можно рассматривать как эффективный механический и биологический фильтр, через который проходит вода, прошедшая садки (бассейны) и после нагрева в системе охлаждения ТЭЦ и АЭС возвращается к месту выращивания рыбы. Подпитка свежей воды и сброс части «технологической» воды осуществляется в местах притока и стока речной воды, питающей водоем-охладитель [407].

Использование УЗВ в искусственном воспроизводстве ценных видов рыб, с одной стороны, имеет определенную историю, с другой, только начинает становиться наиболее перспективным направлением. В основе этого, использование «чистой» артезианской воды или прошедшей через сложную систему водоподготовки, включая озонирование озерной или речной воды [106, 315].

Возможность поддержания управляемого температурного, газового и химического режимов, создающих условия для выращивания качественного посадочного материала, согласуется с новым подходом к определению размерно-возрастного состава выпускаемой на пастбищный нагул молоди. В соответствии с ним только для осенне-зимне и ранненерестующих рыб (сиговые, налим, щука) показан положительный биологический эффект при зарыблении рыбохозяйственных водоемов личинками. Для всех остальных, особенно тех, нерест которых проходит при температуре воды выше 12 – 15 °С показана целесообразность зарыбления подращенной молодью, в возрасте мальков, сеголетков [63]. Причем больший эффект даст зарыбление водоемов осенью, когда со снижением температуры воды уменьшается пищевая активность хищников [371].

В процессе искусственного воспроизводства ценных видов рыб на базе УЗВ или проточных рыбоводных систем, в которых выращивают потомство производителей, выловленных в естественных водоисточниках, для сохранения популяционной структуры рыб, их генетического разнообразия в рыбоводных водоемах, молодь перед выпуском надо обязательно выдержать на воде того водоисточника, в котором были выловлены родители. Продолжительность выдерживания может быть для разных видов рыб от 3 – 5 суток до 2 – 3 недель [254, 301].

Эксплуатация УЗВ в режиме полного цикла товарного выращивания основана на учете тех же преимуществ, которые отмечены для искусственного воспроизводства, а также более широких возможностей, которое дает управляемый температурный и газовый режимы. Определяющим успех эксплуатации УЗВ является возможность установления температурного и газового режима, соответствующего каждому качественному этапу рыбоводного процесса. При этом учитывается, что система механической и биологической очистки обеспечивает необходимое качество воды [366].

Ранее отмечалось, что основным механизмом поддержания определенной температуры воды является воздействие тепло- или холодоисточником на воздух в помещениях УЗВ. Однако, когда речь идет о небольших помещениях или потребность в воде относительно незначительная, то целесообразным становится использование установок климат-контроля, с помощью которых появляется возможность воздействия и на воду и на воздух [254, 366]. Этот пример относится, прежде всего, к помещениям (цехам, участкам), где в УЗВ содержатся производители, создаются условия для проведения «искусственной» зимовки, проводится инкубация икры, выдерживание, подращивание, выращивание личинок и мальков. Следует отметить, что при нагрузке биомассы рыбы до 30 – 40 кг/м³ в бассейнах УЗВ (целесообразно при содержании производителей) и температуре воды до 20 – 22 °С, если в качестве биофильтра используются биореактор или с периодически регенерируемой загрузкой, имеется дегазатор, то наличие в составе технических узлов оксигенатора необязательно.

Некоторые технологические разработки предлагают использовать для насыщения воды кислородом эрлифты, одновременно выполняющие функцию нагнетателя воды. Однако, для таких УЗВ ограничена величина рыбопродукции 40 – 60 кг/м³ [92].

При возможности управления абиотическими факторами и установления определенных биотических параметров (плотность посадки, величина рыбопродукции, кормление, возрастной и размерный состав рыб и др.) появляются условия для реализации технологий, соответствующих видовым особенностям объектов разведения и выращивания, специфике решаемых задач.

Так, у клариевого сома, учитывая то, в условиях управляемого температурного режима очередная партия качественной икры созревает через 2,5 – 3 месяца, показана возможность участия одних и тех же самок в процессе получения потомства до 4 – 5 раз в течение календарного

года [493]. Динамика и очередность созревания порций спермы у самцов не отмечена, поскольку получают ее, извлекая хирургическим методом семенники. В применяемых в настоящее время технологиях предусмотрено одноразовое использование банка спермы самца клариевого сома [497]. А это предполагает, в зависимости от того, сколько раз в течение календарного года будут получать зрелую икру, содержать количество самцов, кратное количеству порций икры. Однако, учитывая то, что у разных самцов, даже в одной генерации, отмечают отличия в гаметогенезе, то на момент проведения гормональных инъекций не гарантировано получение от 100 % самцов качественной спермы. Поэтому, рассчитывая количество самцов в маточном стаде, соответствующее количеству порций икры, следует предусматривать резерв самцов на уровне 30 – 50 % [497].

В то же время, надо отметить, что, несмотря на возможные большие размеры самок клариевого сома (до 7 – 10 кг) и плодовитость до 500 тыс. икринок и более, объем семенной жидкости, получаемой при размельчении двух семенников, будет достаточным для осеменения икры двух-трех самок. Чтобы избежать быстрой потери генетического разнообразия в эксплуатируемой популяции клариевого сома, при наличии значительного объема семенной жидкости ее следует делить на части и использовать для осеменения икры разных самок. Тем не менее, признается, что узкий канал завоза клариевого сома в Россию в конце 80-х – начале 90-х годов прошлого столетия и длительная эксплуатация популяции без «обновления крови» привели к существенному обеднению генома [183]. Поэтому очевидна целесообразность завоза в Россию клариевого сома из других стран и скрещивание с эксплуатируемыми популяциями. В ряде стран Европы получил распространение завоз из стран Юго-Восточной Азии или Африки других видов клариевых сомов и скрещивание с «местными» популяциями [497].

Имея определенный размерный, возрастной и половой состав маточного стада клариевого сома, можно планировать график получения потомства в течение года. Соответственно этому, выстраивать график выращивания посадочного материала и товарной рыбы [443]. При этом, следует учитывать до какой товарной массы целесообразно, согласно той или иной технологической схеме, выращивать рыбу. Так, при оптимальной (27 – 28 °С) температуре воды, ориентируясь на среднеразмерную группу, массу 1 кг клариевый сом может достичь через 4 – 5 месяцев, 2 кг через 6 – 8 месяцев. Но при отклонении температуры воды (23 – 25 °С), достижение такого размера требует дополнительно 2 – 3 месяца. В данной технологической схеме надо также учитывать плотность посадки, ориентированную на величину рыбопродукции до 400 кг/м³, состав применяемой рецептуры корма (белок до 35 – 37 %, жир до 6 – 8 %) и суточную дозу кормления, изменяющуюся в соответствии с массой рыб и температурой воды в пределах от 10 % для 1 г молоди до 0,5 % для рыб массой более 1000 г [497].

Однако, биотехника выращивания рыб в промышленных условиях, как было описано ранее, предполагает выделение определенных, качественно отличных этапов. Чаще они следующие:

- инкубация икры, продолжительностью от одних (клариевый сом), 3 – 7 суток (карповые, осетровые, цихлидовые, окуневые и др.), до 1 – 6 месяцев (лососевые с весенним и осенним нерестом);
- выдерживание предличинок, продолжительностью от 2 – 4 суток (карповые, сомовые, окуневые, цихлидовые и др.) до 7 – 14 суток (осетровые, лососевые);
- подращивание личинок, продолжительностью от 3 – 5 (карповые, цихлидовые), 10 – 15 (окуневые, осетровые, лососевые), до 15 – 20 суток (сомовые);
- выращивание личинок до массы 1 г продолжительностью от 20 до 40 суток;
- выращивание посадочного материала, продолжительность которого для каждого вида соответствует устанавливаемым размерно-возрастным параметрам;
- выращивание товарной рыбы, продолжительность которого для каждого вида соответствует устанавливаемым размерно-возрастным параметрам.

Соответственно этим этапам, целесообразно на рыбноводном предприятии (УЗВ) выделить:

- инкубационно-мальковый цех, предполагающее конечной продукцией мальков массой, не менее 1 г, у которых адаптационная система способна адекватно реагировать на условия выращивания;
- цех посадочного материала (рыбопитомник), предполагающее выращивание молоди до размерно-весовых кондиций, с одной стороны, позволяющих в течение календарного года вырастить товарную рыбу, с другой, не менее чем двукратно использовать для выращивания одни и те же бассейны;
- товарный цех, предполагающее, во-первых, выращивание в пределах календарного года рыбу товарной кондиции, во-вторых, вылов товарной рыбы, преимущественно, не менее двух раз в течение календарного года из одних и тех же бассейнов.

Поэтому, если в цехе посадочного материала планируют выращивать в течение календарного года четыре последовательные генерации, например, тилапии до массы 60 г, то это означает, что каждая генерация будет по времени ограничиваться рамками 90 суточного периода. Соответственно этому, будут выделены бассейны, в которых каждые три месяца будут снимать продукцию посадочного материала и направлять на товарное выращивание. Здесь речь идет о четырехкратном использовании бассейнов в течение календарного года для выращивания посадочного материала. Но потомство у тилапий, клариевого сома, структурируя маточное стадо, можно получать ежемесячно. Соответственно этому, выстраивая технологическую схе-

му, можно каждый месяц снимать с определенной группы бассейнов продукцию посадочного материала [106, 315, 366].

Принятая временная структура процесса выращивания посадочного материала адекватно проявляется на этапе выращивания товарной рыбы. В рыбоводстве на базе УЗВ приведенная временная и организационная структура процесса разведения и выращивания рыб получила название «полициклическая технология» [106, 297, 450, 451].

Однако, специфика полициклической технологии проявляется не только в многократности в течение календарного года съема продукции посадочного материала и товарной рыбы, но и применительно к объектам, имеющим высокие размерные товарные кондиции, например, осетровым, лососевым [106, 297]. В этом проявлении «полицикла» учитывают то, что адаптационная система у рыб достигает высокого уровня развития у мальков, что позволяет их помещать на выращивание в бассейны, садки, пруды вплоть до достижения товарной кондиции. Минимальная масса молоди форели, как правило, 1 г [455]. В Карелии в садковых форелевых хозяйствах масса молоди, высаживаемой на выращивание 5 – 6 г. Для осетровых, часто, начальная масса составляет 3 – 5 г [301]. При установлении плотности посадки, ориентированной на конечную товарную продукцию, удается максимально реализовать у рыб ростовую и адаптогенную потенцию в течение календарного года. Например, в УЗВ у форели до 1000 г, сибирского осетра 1500 – 2000 г, стерляди 700 – 1000 г. Но посадке молоди на выращивание должна предшествовать жесткая сортировка, которая в бассейнах для товарного выращивания будет еще, минимум 1 раз повторена, при достижении массы 50 – 100 г [366, 435, 438].

Потомство от производителей упомянутых рыб можно получить с определенной регулярностью в течение года, соответственно сформированным группам рано-, средне- и поздно-созревающих рыб, а также повторнонерестующих [297, 366]. Наконец, завозимых в виде оплодотворенной икры, личинок из других регионов, полушарий земного шара. В результате можно иметь группы бассейнов, зарыбляемых молодью последовательно по месяцам в течение года. Как следствие, ежемесячно получать товарную продукцию. В режиме полициклической технологической схемы в настоящее время, чаще, выращивают форель, клариевого сома и тиляпий. Имеют потенциал освоения канальный сом, стерлядь для которых обоснована возможность двукратного созревания производителей в течение года.

Процесс искусственного воспроизводства, чаще, ориентирован на производителей, изымаемых из естественных водоемов. Поэтому говорить о применении полициклических технологий в этом направлении аквакультуры, вряд ли, целесообразно. Но, как будет показано в соответствующем разделе, возможно говорить о неоднократном (полициклическом) использовании определенной части рыбоводного оборудования в течение нерестового периода. Так, как это, например, показано для осенненерестующей форели камлоопс и весенненерестующих (боль-

шинство) форм радужной форели. К тому времени, когда завершается инкубация икры первой, в эти же аппараты загружают оплодотворенную икру вторых. Далее, когда заканчивается выдерживание и подращивание личинок форели камлоопс в бассейны высаживают предличинок весенненерестующих форм форели и т.д. [254].

Подобные технологические схемы можно воссоздать в пределах длительного нерестового хода, например, щуки, когда между первым нерестом при температуре воды 1 – 3 °С и последним при температуре воды 11 – 13 °С проходит от 1 до 2,5 месяцев [188, 351].

Возможность неоднократного использования рыбоводного оборудования появляется, еще, в результате установления температурного режима, способствующего ускорению созревания производителей, инкубации икры, выдерживания предличинок, выращивания молоди [188]. При искусственном воспроизводстве порционно-нерестующих рыб (рыбец, сазан, шемая, линь и др.) возможности для полициклического использования рыбоводного оборудования дают последовательно, через 2 – 3 недели, созревающие генерации икры, которых, как правило, три [177]. Однако, до настоящего времени при работе с производителями порционно-нерестующих рыб используют одну порцию икры, чаще первую, созревающую после непродолжительного выдерживания производителей и гипофизарных инъекций [89, 177].

Так для рыбца показано, что без гормонального инъецирования созревают только 10 % самок рыбца. Аналогично можно сказать по щуке и линю. Практика показала возможность созревания и нереста производителей линя при установке в бассейны нерестового субстрата (ветви можжевельника, мочала). При инъецировании после непродолжительного выдерживания при оптимальной температуре производителей рыбца (18 – 20 °С), щуки (8 – 10 °С), линя (22 – 24 °С) процент созревающих самок превышает 80 – 90 % [89, 177, 188].

При выдерживании производителей рыбца рекомендуемая плотность посадки в бассейны составляет до 15 кг/м². Если стоит задача использовать весь банк созревающей икры, то производителей рыбца целесообразно кормить искусственным кормом. Причем, если отказаться от кормления в преднерестовый период, то у самок рыбца может начаться резорбция икры. При преднерестовом и нерестовом выдерживании производителей рыбца расход воды в бассейне с объемом воды 2 – 3 м³ должен быть в пределах 0,5 – 0,8 л/с. Отсутствие проточности или крайне малый расход воды также, как и при отсутствии кормления, может приводить к резорбции икры у большого количества самок [177].

Ранее отмечали, что нерест рыбца проходит, обычно, при температуре воды 12 – 20 °С. Исследование влияния температуры воды на результаты оплодотворения икры позволили установить, что при температуре воды 19 – 24 °С сперматозоиды поступательно движутся в течение 15 – 30 с, при 15 – 17 °С 40 – 60 с. При разведении спермы водой в 1000 раз (1 мл в 1 л воды)

подвижность сперматозоидов выше, чем при осеменении икры сухим способом. Так, при сухом способе процент оплодотворения достигает 72 – 75 %, при мокром 85 – 96 % [177].

Инкубация икры рыбца возможна как в обесклеенном, так и необесклеенном состоянии. В аппарате Садова-Коханской выход предличинок составляет около 92 %, в аппарате Ющенко 82 %, а в аппарате Вейса 75 % [177].

Продолжительность инкубации икры при температуре 15 – 20 °С, в среднем, составляет 3 – 6 сут. Длительность процесса вылупления при закладке в инкубационный аппарат оплодотворенной икры от нескольких самок составляет 1 – 2 суток.

Выращивание молоди рыбца до выпуска в рыбохозяйственные водоемы проводят в прудах и садках. Плотность посадки в первые согласуются с кормностью выростных прудов и может достигать 20 – 50 тыс. шт./га. В садки до 1 тыс. шт./м² [177].

Средняя масса выпускаемой молоди должна быть близкой к 1 г.

Линя в водоемах средней полосы России относят к рыбам с относительно малой массой в возрасте сеголетков. Обычно, она не превышает 2 – 3 г, редко достигает 10 г. Это можно связать с более поздними, чем у других рыб, сроками нереста, что отражается на длительности вегетационного сезона. В то же время, в благоприятных условиях юга России сеголетки линя могут вырастать до 30 – 50 г, двухлетки 200 – 300 г, трехлетки 800 г [89].

Положительным свойством линя следует признать наличие у производителей вторичных половых признаков. У самцов брюшные плавники больше, имеется мощный, слегка изогнутый наружу второй жесткий луч. На боку тела над основанием брюшных плавников имеется выпуклая борозда [89].

У самок в нерестовый период заметна припухлость генитальной поры и округлость брюшка. Поскольку линя считают чисто пресноводным видом, а в отдельных частях Куршского залива соленость может повышаться до 3 – 5 ‰, интерес представляет отношение линя к солености воды. Так, по данным Т.И. Привольнева (1964) предельная соленость для линя 10 ‰, Л.П. Сабанеева (1984) до 12 ‰. Однако авторы не уточняют, как реагирует на соленость молодь линя [312, 342].

Поскольку в Калининградской области линя в прудовой аквакультуре не выращивали, то можно оценить перспективу его выращивания на примере Литвы. Есть данные, что сеголетки линя вырастали до 0,2 – 8,2 г, двухлетки 8 – 14 г. Для сравнения в Болгарии сеголетки в конце вегетационного сезона весили 2 – 8 г [89]. Причиной относительно низкой скорости роста сеголетков и двухлетков в прудах следует признать несоответствие естественной кормовой базы по количеству и качественному составу потребностям линя.

Если рассматривать размерный состав половозрелой части популяций линя, то, например в Дагестане в озере Зайсан-Нор, двухлетки вырастают до 400 – 600, трехлетки 800 – 900 г и

становятся половозрелыми. В водоемах Кабардино-Балкарии средняя масса производителей 400 – 600 г, максимальная 3 – 5 кг.

В Куршском заливе в период расцвета популяций линия средняя масса 4 – 8 годовалых производителей составляла 650 г. Примерно, такие размеры у линия из ильменей бассейна Волги [89].

В яичнике линия в течение нерестового периода находятся ооциты, отличающиеся по размеру:

- ооциты зеленого цвета, диаметр 0,8 – 1,3 мм, средний 0,94 мм;
- ооциты белого цвета, диаметр 0,4 – 0,8, средний 0,58;
- ооциты матовато-белого цвета, диаметр 0,2 – 0,4, средний 0,32 мм;
- ооциты синевато-белого цвета, диаметр от 0,2 мм и менее.

Ооциты первой группы находятся в фазе трофоплазматического роста и зрелого ооцита. Второй группы в фазе конца протоплазматического роста, третьей группы – в фазе начала протоплазматического роста, четвертой группы – в фазе ооцитов с однослойным фолликулом. По аналогии с единовременно-нерестующими рыбами ооциты в фазе однослойного фолликула являются генерацией следующего года [89].

У рыба ооциты первой группы имели диаметр 1,2 мм, второй – 0,98, третьей – 0,62 мм. Рабочая плодовитость рыба в разных частях ареала составляет: у дунайского около 80 тыс. шт., у цимлянского 26 – 50 тыс. шт., у балтийского 25 – 116 тыс. шт., у днепровского 11 – 136 тыс. шт., у кубанского 28 – 90 тыс. шт. [177].

У линия по данным П.Ф. Домрачева и И.Ф. Правдина (1956) 100 тыс. шт., П.А. Дрягина (1939) – 70 тыс. шт., И.Н. Арнольда (1939) – 200 тыс. шт., Н.Н. Кочкина (19696) – 300 – 400 тыс. шт., Н.И. Сыроватской (1947) – 280 – 828 тыс. шт.

По данным А.С. Вавилкина (1955) у самок линия массой 670 г в яичнике было 262 тыс. икринок. Им же было установлено, что с возрастом количество икринок в 1 г (мл) уменьшается, что говорит об увеличении диаметра икринок в трех группах.

Причем по данным разных авторов [11, 100, 103, 163, 382] количество икринок в 1 г сильно отличается у рыб из разных частей ареала, что связывают с различными условиями обитания.

Ранее приведенные данные в большей степени отражали абсолютную плодовитость линия, но величина рабочей существенно ниже. Так, по данным Н.И. Николюкина (1935) 50 – 60 тыс. шт., что, с одной стороны, отражает особенности биотехники сцеживания, с другой, использования для воспроизводства, как правило, одной порции икры [245].

Оплодотворенная икра линия очень клейкая. Обычные методы обесклеивания (раствор молока, талька, суспензия масла) не дают положительного результата в общепринятые по про-

должительности (40 мин) сроки. Требуют превышения в три раза. Большую эффективность дает обесклеивание в растворе Войнаровича с завершающим этапом – танином (5 г на 10 л воды). Но, тем не менее затраты времени на обесклеивание остаются значительными (40 – 60 мин).

Длительность инкубации икры зависит от температуры воды: при 21,5 °С – 73 – 75 ч, при 22,5 °С – 68 – 70 ч [89].

Большинство авторов, рассматривая диапазон температуры воды 20 – 21 °С считают длительность инкубации около 68 – 75 ч [11, 100, 103, 163, 382]. Плотность посадки оплодотворенной икры линия в аппарат Вейса может быть от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч икринок [89].

Щука, в отличие от рыбца и линя, является единовременнорестующим объектом. Является одним из самых быстрорастущих видов рыб в пресноводных рыбохозяйственных водоемах. В прудах сеголетки в среднем вырастают до 200 – 300 г, максимально 1,25 кг. В водоемах зафиксирована в уловах щука массой 65 кг. Щуку относят к раносозревающим рыбам – 2 – 4 года. Как и для большинства рыб самцы созревают на год раньше самок. Абсолютная плодовитость щуки массой 0,25 – 2,8 кг составляет 6 – 70 тыс. икринок. Максимальная около 450 тыс. икринок, чему соответствует масса самок, не менее 20 кг [188].

Средний диаметр неоплодотворенных икринок 1,8 – 2,5 мм, а при набухании увеличивается до 2,3 – 3,2 мм. Это свойство учитывают при закладке на инкубацию в аппараты Вейса необесклеенной икры щуки. После двух часов набухания объем занимаемой икрой в колбе увеличивается не менее, чем в два раза. Поэтому целесообразный объем необесклеенной икры, помещаемый в 7 л аппарат Вейса не должен превышать 1 – 1,5 л.

Если длительность эмбрионального развития рыбца, линя составляет около 70 – 75 градусо-дней, то у щуки 120 градусо-дней. Если для инкубирования икры рыбца, линя целесообразно затенять зону аппаратов Вейса, то при инкубации икры щуки свет влияния на развитие эмбриона не оказывает [188].

После вылупления предличинки прикрепляются головой к поверхности окружающих предметов и в таком положении, изредка отрываясь и меняя местоположение, находятся до момента становления на плав в возрасте около 140 градусо-дней. Этот возраст является сигналом для начала выпуска личинок в водоемы, поскольку они переходят в состояние смешанного питания [188].

В Куршском заливе по данным Л.К. Самохваловой (1975) нерестовая часть популяции щуки представлена самками в возрасте 2 – 10 лет, самцами 2 – 7 лет [349]. Относительная рабочая плодовитость самок щуки около 20 тыс. шт./кг массы самок. При этом, колебание в величине показателя было значительным – от 12 до 77 тыс. шт./кг массы тела самок. Соответственно диаметр икринок колебался от 2,12 до 3 мм.

По данным Э.И. Горбач (1982) средняя абсолютная плодовитость щуки в р. Амур составляла 50,4 тыс. шт [90]. Максимальная 236,5 тыс. икринок. Относительная плодовитость щуки р. Каменная близка к таковой в оз. Дуся [21], но ниже чем в Псковско-Чудском и Ладожском озерах.

Объем эякулята у самцов щуки в пределах ареала небольшой (0,5 – 2 мл), но концентрация сперматозоидов высокая (20,3 – 23 млн/мкл) [349]. Но другие авторы дают данные о 5 – 30 млн/мкл. Время подвижности сперматозоидов приводят в диапазоне значений от 2,5 до 4 мин [21, 563].

Отличительной особенностью щуки, несколько уступающей по длительности форели, является продолжительность сохранения способности к оплодотворению овулировавшей икры в течение 3 – 4 суток. Поэтому, стимулируя созревание самок температурой и гормональными инъекциями, рекомендуется икру после сцеживания в сухой эмалированный таз накрыть крышкой из материи и оставить в затененном месте на несколько часов, чтобы икра «дозрела» [188, 351].

Обесклеивают икру щуки сухим способом. Часто семенники хирургическим методом извлекают из полости тела, насухо протирают, крошат скальпелем и массу переносят в четырехслойный марлевый мешок. Семенную жидкость получают при продавливании массы через марлю. После перемешивания спермы к икре приливают воду и тщательно, в течение 1,5 – 2 мин, содержимое таза перемешивают. Затем приступают к промывке икры в течение 1 – 3 мин в нескольких порциях свежей воды. Отмытую от спермы и других органических включений икру переливают с помощью мерного стакана в аппараты Вейса.

Обесклеивание икры щуки в растворе крахмала (1:10) продолжается в течение 40 мин. Но, следует учитывать, что через 2 – 3 мин после оплодотворения у икры щуки отмечают повышенную чувствительность к механическим воздействиям. Поэтому при обесклеивании отмечают повышенную (до 50 %) смертность икры [188, 351].

Если в одном литре набухшей икры рыба находятся около 400 тыс. икринок, линия 600 тыс. икринок, стерляди 60 – 80 тыс. икринок, то щуки 65 – 130 тыс. икринок [89, 177, 188, 351].

Особенностью инкубации необесклеенной икры щуки является крайне низкая проточность (0,2-0,5 л/мин.) в первые 40 градусо-дней до стадии закрытия бластопора, чтобы исключить чрезмерное травмирующее воздействие потока воды на икру. Далее с помощью струи воды и гусяного пера слипшуюся массу икры осторожно разрушают и далее икра инкубируется, медленно перемещаясь в восходящем потоке воды [188]. При этом расход воды увеличивают до 2-3 л/мин., а перед вылуплением предличинки до 3-5 л/мин.

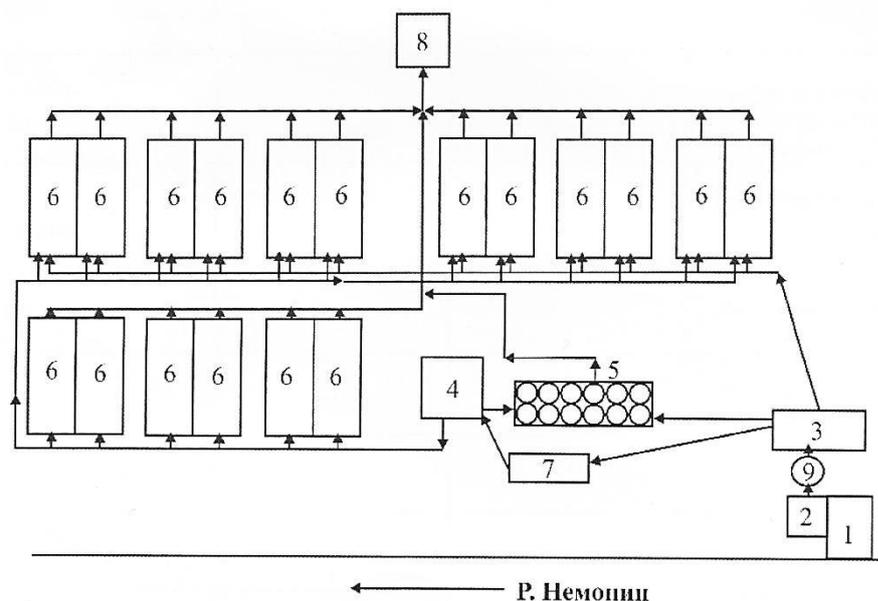
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Схема исследований

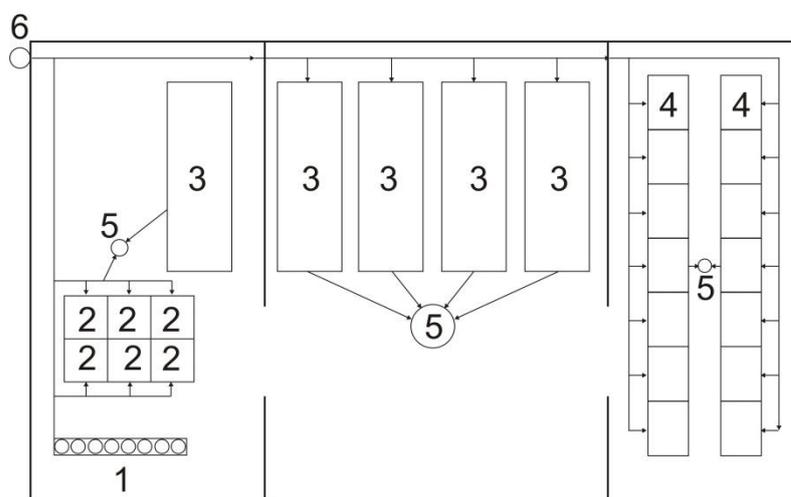
Исследования и эксперименты, проведенные в рамках настоящей работы, охватывают период с 1977 по 2017 гг.

Исследования и эксперименты проводились на базе рыбоводных систем, конструктивные особенности которых учитывали биологические и биотехнические особенности объектов изучения:

- щука (работа выполнялась в период с 2002 по 2006 гг. на базе инкубационного цеха рыболовецкого колхоза «им. Матросова», п. Головкино Полесского района Калининградской области (рис. 7), на базе инкубационного цеха учебно-опытного хозяйства (УОХ) (рис. 8) и лаборатории кафедры аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ») на рис. 9.

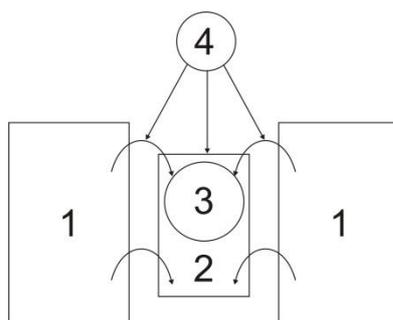


1-механический фильтр; 2- насосная; 3- емкости – накопители речной воды;
4- емкость подогретой воды; 5 – стойка аппаратов Вейса; 6- бассейны; 7 – блок терморегуляции; 8 – поле фильтрации; 9 – ультрафиолетовое обеззараживающее устройство
Рисунок 7 - Принципиальная техническая схема устройства инкубационного цеха рыболовецкого колхоза им. Матросова



1 – аппараты Вейса; 2 – бассейны ИЦА-1(1×1×0,5 м); 3 – бассейны ИЦА-2/ПП (2×2×0,5 м); 4 – стойки с аквариумами (50 л); 5 – люки для слива воды в сбросной канал; 6 -водозабор из Чистого пруда; → - направление потока воды

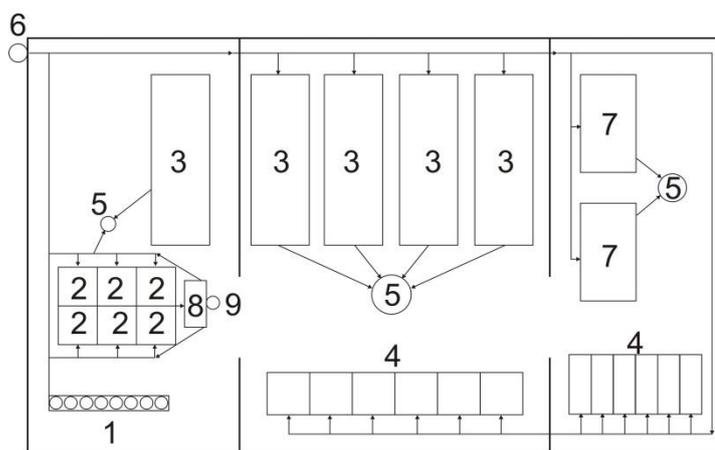
Рисунок 8 - Принципиальная схема инкубационного цеха УОХ КГТУ



1 – аквариумы объемом 80 л; 2 – аквариум отстойник (40 л); 3 – встроенный в отстойник био-фильтр (5л гранулированного полиэтилена); 4 – компрессор;

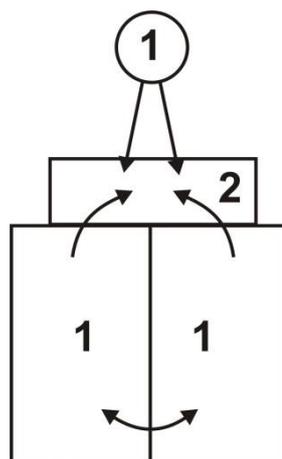
Рисунок 9 - Принципиальная схема экспериментальной УЗВ лаборатории кафедры аквакультуры

- рыбец (работа выполнялась в 1999-2000 гг. на базе инкубационного цеха УОХ КГТУ (рис. 10) и лаборатории кафедры аквакультуры КГТУ (рис. 11).



1-аппараты Вейса; 2-бассейны ИЦА-1(1×1×0,5 м); 3 – бассейны ИЦА-2/ПП (2×2×0,5м); 4 – стойки с аквариумом (50 л); 5-люки для слива воды в сбросной канал; 6-водозабор из Чистого пруда; 7-бассейны ИЦА-3(1×1×1 м); 8-орошаемый биофильтр с носителем - капроновое мочало; 9-насос; → направление потока воды

Рисунок 10 - Принципиальная схема инкубационного цеха УОРХ КГТУ

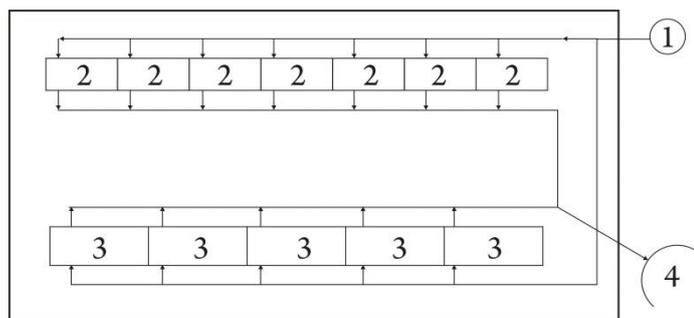


1-аквариумы объемом 50 л; 2-орошаемый биофильтр с носителем - капроновое мочало; 3- компрессор;

Рисунок 11 - Принципиальная схема экспериментальной УЗВ лаборатории кафедры аквакультуры

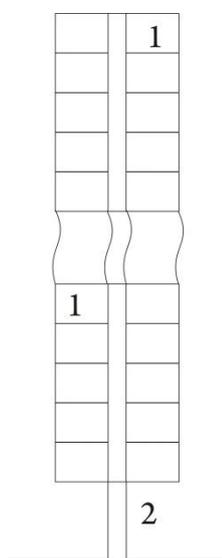
- линь (работы выполнялись в 2004-2007 гг. на базе инкубационного цеха рыболовецкого колхоза им. Матросова (рис. 7) и лаборатории кафедры аквакультуры КГТУ (рис. 9).

- стерлядь (работы выполнялись в 2005-2007 гг. на базе инкубационного цеха рыболовецкого колхоза им. Матросова (рис. 7), садкового хозяйства «Прибрежное», Гурьевского района Калининградской области (рис. 12, 13) и лаборатории кафедры аквакультуры КГТУ (рис. 9).



1-водозабор; 2-бассейны размером $1,25 \times 1,25 \times 0,6$ м; 3-бассейны размером $2 \times 0,7 \times 0,8$ м; 4-водоем-карьер «Прибрежное»; → - направление потока воды

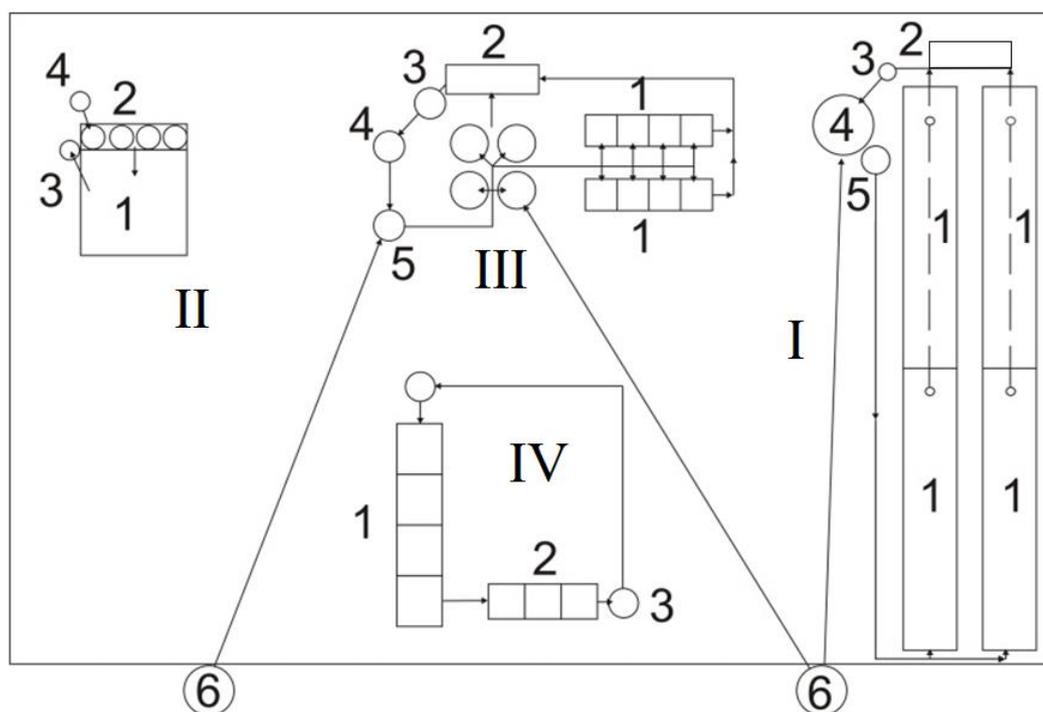
Рисунок 12 - Принципиальная схема инкубационного цеха садкового хозяйства «Прибрежное»



1-садки размером $5 \times 4 \times 3$ м; 2-переходный мостик; 3-берег

Рисунок 13 - Принципиальная схема садковой линии

- канальный сом (работы выполнялись в период с 1986 по 1990 г. на базе экспериментальных установок с замкнутым циклом водообеспечения лаборатории индустриального рыбводства КТИРПиХ) (рис. 14).



I Установка для содержания ремонтно-маточного стада канального сома: 1-бассейны размером 4,5×0,5×0,7м; 2-фильтр-отстойник; 3-насос; 4-биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена; 5-бактерицидная лампа; 6-компрессор;

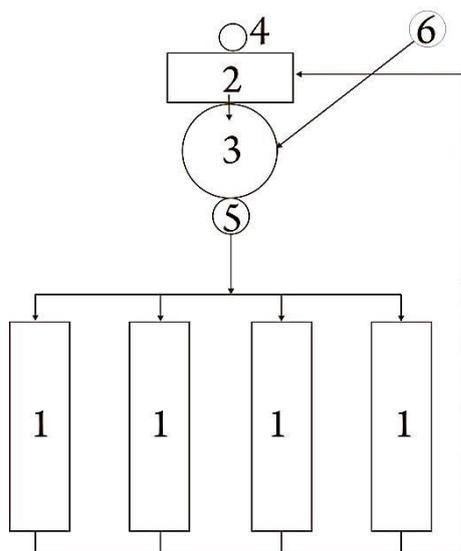
II Установка для преднерестового содержания производителей канального сома: 1-бассейны размером 1×1×1м; 2-биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена, встроенный в отстойник; 3 – насос; 4 – бактерицидная лампа;

III Установка для выращивания посадочного материала канального сома: 1- бассейн размером 0,5×0,5×0,5 м; 2-фильтр-отстойник; 3-насос; 4- бактерицидная лампа; 5-оксигенатор; 6-кислородная емкость;

IV Инкубатор: 1-аппараты Шустера; 2-колонки активированного угля и цеолита; 3-насос.

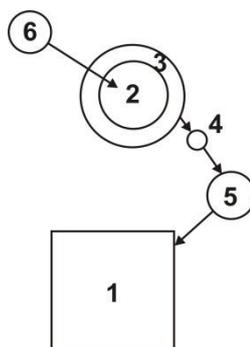
Рисунок 14 - Принципиальная схема лаборатории индустриального рыбоводства

- клариевый сом (работы проводились в период с 2007 по 2011 гг. на базе установок с замкнутым циклом рыбоводного цеха ООО «КМП Аква» (рис. 15, 16) и мобильной рыбоводной лаборатории КГТУ (МРЛ) (рис. 18, 19). В 2012 – 2016 гг. работы с клариевым сомом проводили на базе МРЛ КГТУ и промышленной установки рыбоводного цеха ООО «ТПК Балтптицепром» (рис. 17).



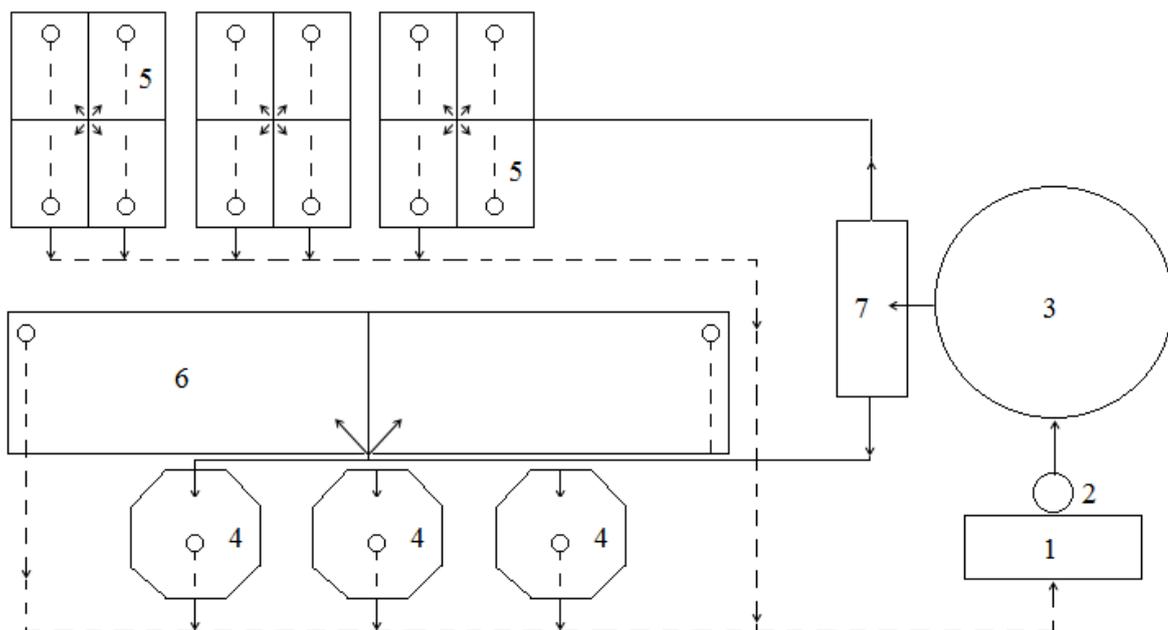
1- бассейн размером 2,25х0,5х0,7 м; 2-фильтр-отстойник; 3-биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена; 4-насос; 5-ультрафиолетовая лампа; 6-компрессор; → - направление потока воды

Рисунок 15 - Принципиальная схема экспериментальной установки с замкнутым циклом водообеспечения



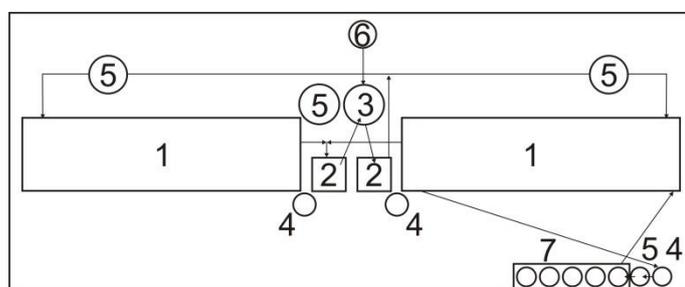
1-бассейн размером 1,2×1×0,8м; 2- биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена; 3-отстойник; 4-насос; 5-бактерицидная лампа; 6-компрессор; → направление потока воды

Рисунок 16 - Принципиальная схема экспериментальной установки с замкнутым циклом водообеспечения



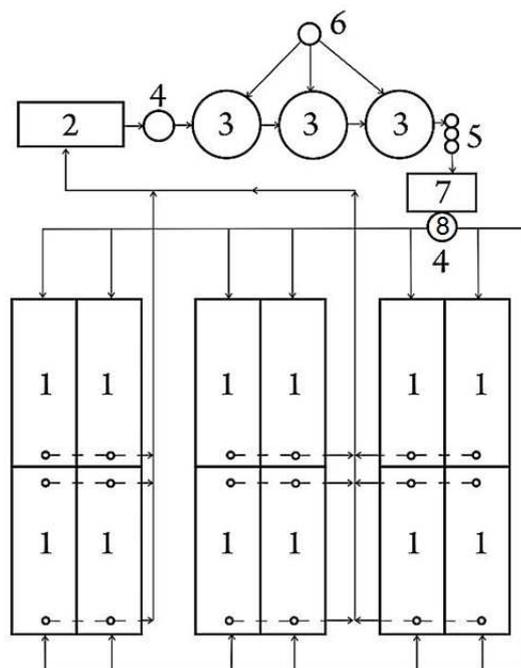
1-механический фильтр; 2-насос, 3- биофильтр, 4-шестиугольные бассейны объемом по 3 м³; 5- прямоугольные бассейны объемом по 0,7 м³, 6 – прямоугольные по 7м³; 7- дегазатор; → направление потока воды

Рисунок 17 - Принципиальная схема установки с замкнутым циклом водообеспечения для товарного выращивания клариевого сома



1-бассейны для выдерживания и подращивания личинок клариевого сома размером 2×0,8×0,6м; 2-механические фильтры; 3- биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена; 4-насосы; 5-бактерицидные лампы; 6-компрессор; 7-стойка аппаратов Вейса

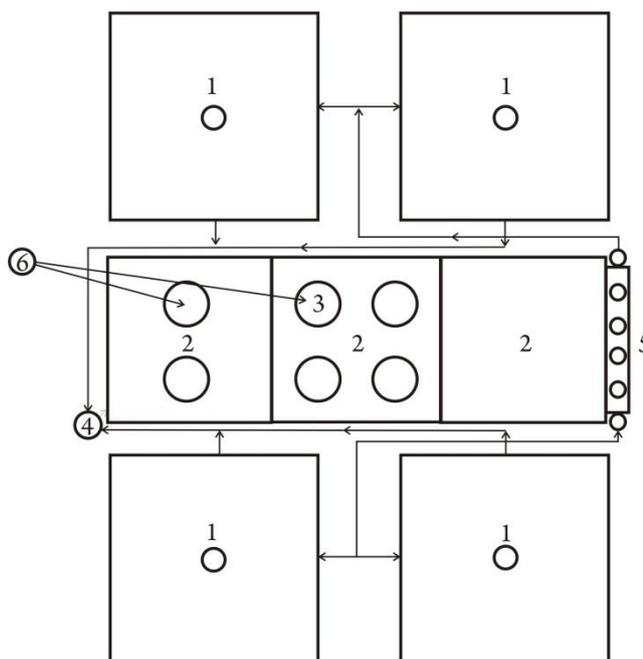
Рисунок 18 - Принципиальная схема инкубационного блока МРЛ



1-двухъярусные бассейны размером 2×0,5×0,4м; 2-механический фильтр; 3- биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена; 4-насосы; 5-бактерицидные лампы; 6-компрессор; 7- приемник воды; 8 – оксигенатор, → - направление потока воды

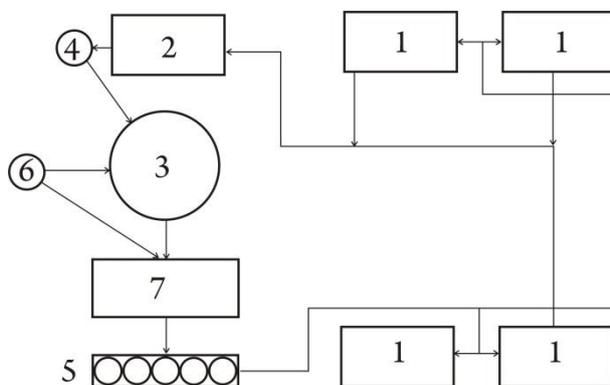
Рисунок 19 - Принципиальная схема рыбоводного участка по выращиванию молоди клариевого сома в структуре МРЛ

- стерлядь (работы выполнялись в 2007-2011 гг. на базе установок с замкнутым циклом водообеспечения рыбоводного цеха ООО «КМП Аква» (рис. 20, 21).



1-бассейн размером 2×2×0,5м; 2,3- биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена(3), встроенный в отстойник (2); 4-насос; 5-бактерицидные лампы; 6-компрессор

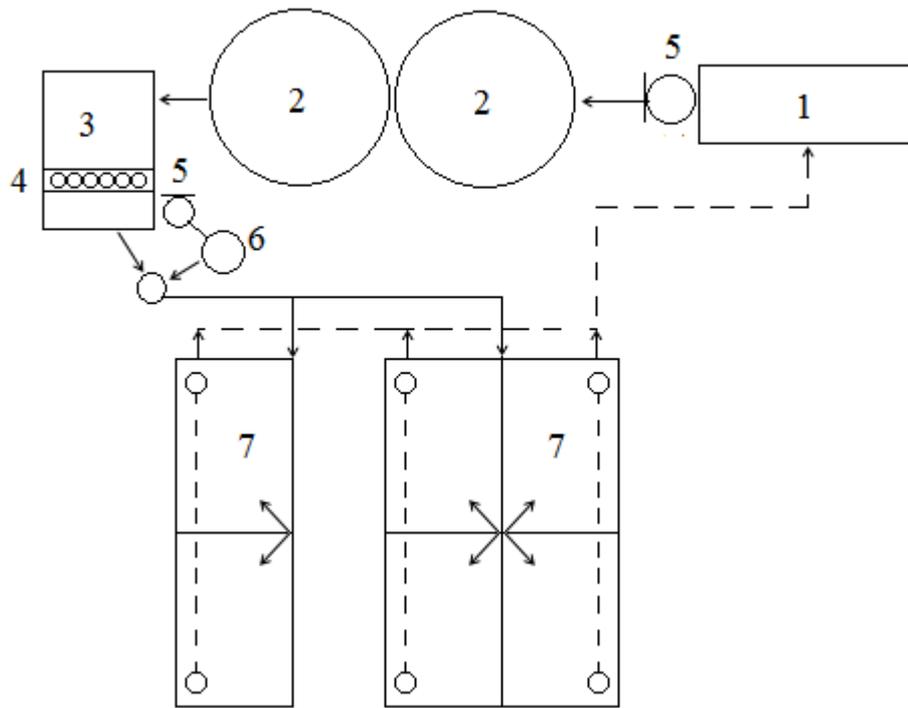
Рисунок 20 - Принципиальная схема установки с замкнутым циклом водообеспечения для выращивания товарной стерляди



1-бассейны размером 2×2×1м; 2-механический фильтр; 3- биофильтр с загрузкой гранулированного полиэтилена; 4-насос; 5-бактерицидные лампы; 6-компрессор; 7-дегазатор

Рисунок 21 - Принципиальная схема установки с замкнутым циклом водообеспечения для выращивания посадочного материала и товарной стерляди

В 2011 – 2016 гг. на базе МРЛ и промышленных УЗВ рыбоводного цеха ООО «ТПК Балтптицепром» (рис. 22).

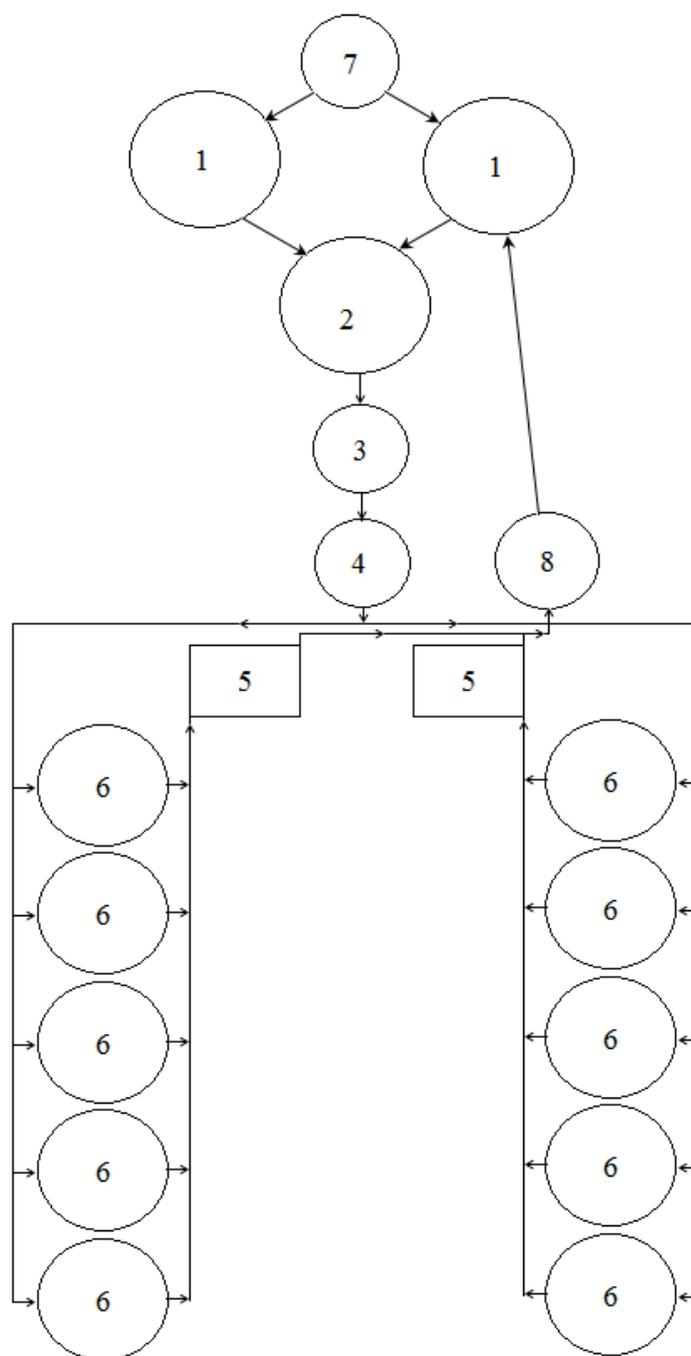


1 – механический фильтр, 2 – биофильтр, 3 – дегазатор, 4 – ультрафиолетовые лампы, 5 – насосы, 6 – оксигенатор, 7 – промышленные бассейны объемом по 7 м³, направление потока воды

Рисунок 22 – Принципиальная схема установки с замкнутым циклом водообеспечения для выращивания посадочного материала и товарной стерляди

- судак (работы выполнялись в период с 2007 по 2015 гг. на базе установок замкнутого цикла водообеспечения ООО «КМП Аква» (рис. 20), МРЛ КГТУ (рис. 18, 19), рыбоводного цеха ООО «ТПК Балтптицепром» (рис. 22).

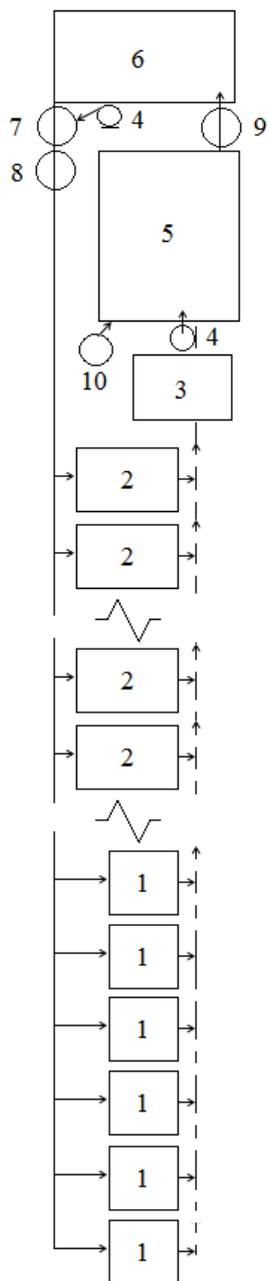
- угорь (работы выполнялись в период с 2014 по 2017 гг. на базе установок замкнутого цикла водообеспечения предприятий “Wasser-Fish” и “AquaPrime”, Польша (рис. 23, 24), рыбоводного цеха ООО «ТПК Балтптицепром» (рис. 22).



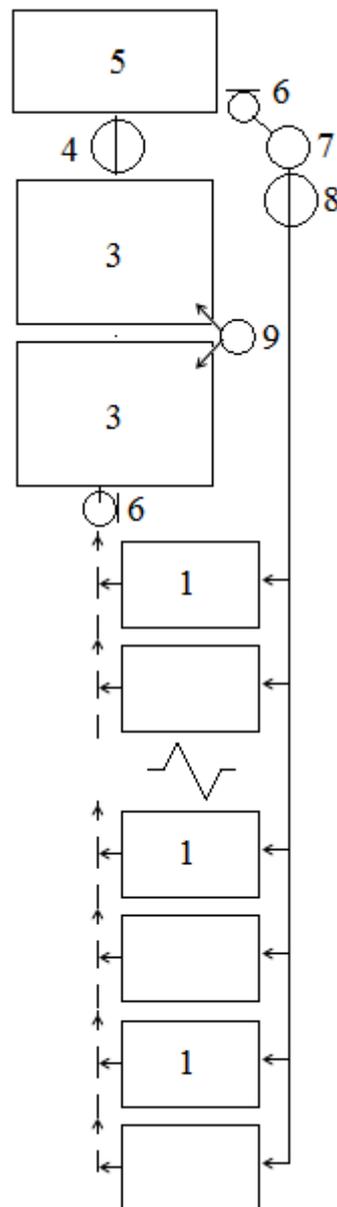
1 – биофильтр, 2 – дегазатор, 3 – ультрафиолетовое устройство, 4 – оксигенатор, 5 – механический фильтр, 6 – бассейны объемом по 10 м³, 7 – компрессор, 8 – приемная емкость, 9 – насос

Рисунок 23 – Принципиальная схема установки замкнутого водоснабжения “Wasser-Fish”

I – питомная установка:



II – товарная установка:

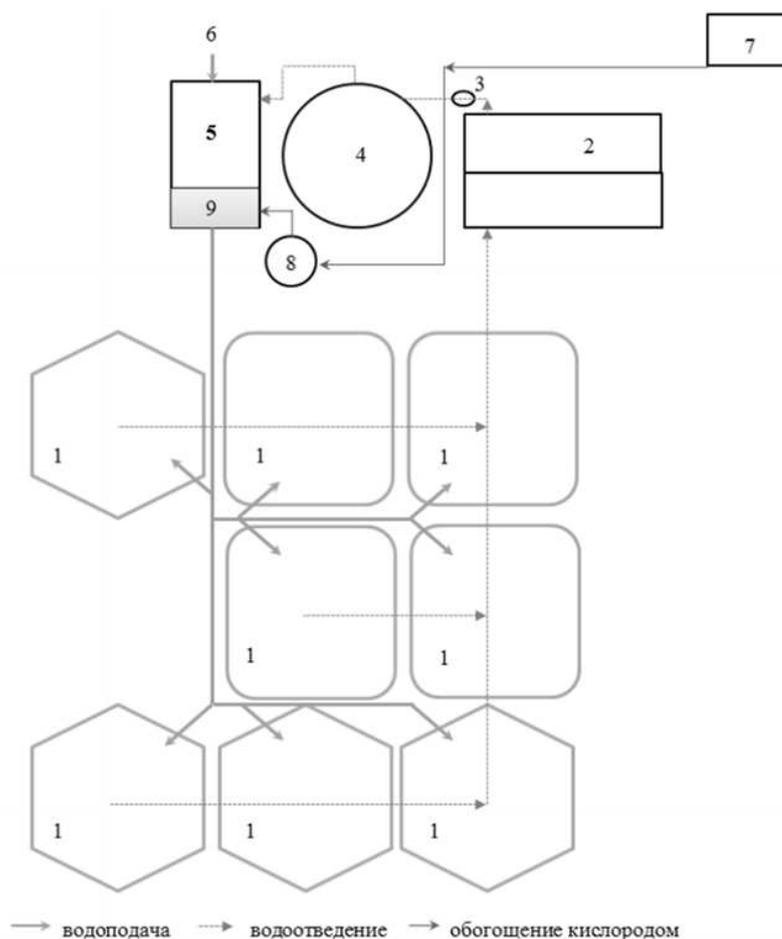


I – питомная установка: 1 – бассейны объемом 1 м³, 2 – бассейны объемом 2,5 м³, 3 – механический фильтр, 4 – насосы, 5 – биологический фильтр, 6 – дегазатор, 7 – оксигенатор, 8 – ультрафиолетовое устройство, 9 – барабанный фильтр. 10 – компрессор, 11 – направление потока воды

II – товарная установка: 1 – бассейны объемом 9 м³, 2 – механический (треугольный) фильтр, 3 – биофильтр, 4 – барабанный фильтр, 5 – дегазатор, 6 – насосы, 7 – оксигенатор, 8 – ультрафиолетовое устройство, 9 – компрессор

Рисунок 24 – Принципиальная схема установок для выращивания посадочного материала (а) и товарного (б) угря “AquaPrime”, Польша

- радужная форель (работы выполнялись с 1977 по 2011 гг. на базе садкового хозяйства «Прибрежное» и с 2011 по 2016 гг. на базе УЗВ ООО «КМП Аква» (рис. 21) и ООО «ТПК Балтптицепром» (рис. 25), инкубацию икры проводили в лотковых бассейнах питомной УЗВ МРЛ (рис. 19).



1 – бассейны, 2 – механический фильтр, 3 – насосы, 4 – биофильтр, 5 – дегазатор, 6 – подпитка из скважины, 7 – генератор кислорода, 8 – оксигенатор, 9 – ультрафиолетовые лампы

Рисунок 25 – Схема УЗВ на предприятии ООО «ТПК Балтптицепром»

Материалом исследований по разработке технологий пастбищной аквакультуры служили:

- *щука*: производители, выловленные в период нерестового хода в предустьевой части р. Немонин со стороны Куршского залива и на различных ее участках (2002-2004 гг), икра, сперма, личинки и мальки щуки.

Отлов производителей проводили вентерями с ячеей сетного полотна 30 мм и ставными сетями с ячеей 50-70 мм. Место расстановки орудий лова в разные годы (2002-2004 гг.) было неизменным, что позволило установить временную структуру нерестового хода производителей и их половой состав.

Выловленных производителей размещали на кратковременное выдерживание в садки (1×0,8×1 м), установленные в р. Немонин. После сортировки рыб по полу и выраженности у них вторичных половых признаков их переводили на преднерестовое выдерживание в бассейны инкубационного цеха. При содержании в бассейнах оценивали влияние на созревание половых продуктов у производителей температуры воды (естественный – 3-8°C и искусственный – 8-10°C режим) и гипофизарных инъекций. При проведении гипофизарных инъекций (щучьего гипофиза) была использована известная методика [135], модифицированная и конкретизированная к условиям преднерестового содержания производителей.

Овулировавшую икру от самок сцеживали в эмалированный таз. Сперму от самцов получали как методом сцеживания, так и путем хирургического изъятия семенников, размельчения их и помещения в четырехслойный марлевый мешочек с последующим продавливанием массы [135]. Сперму сразу приливали к икре. Использовали сухой метод осеменения икры.

Оплодотворенную икру после 2-3 минутной промывки чистой водой помещали на инкубацию в аппараты Вейса. При появлении в аппаратах первых предличинок икру сливали с помощью сифона в эмалированный таз и оставляли его содержимое в покое на 20 – 30 мин. После чего ударяли рукой по стенке таза, что вызывало поднятие к поверхности вылупившихся предличинок, которых сливали с водой в бассейн. Таз с икрой вновь заполняли водой и оставляли в покое на 20 – 30 мин. Затем повторяли действия, описанные ранее. Так в несколько приемов добавились вылупления большей части предличинок.

Выдерживание предличинок до возраста 12-14 сут проводили в бассейнах. Здесь же отработывали элементы полициклической технологии выдерживания личинок щуки до выпуска их на пастбищный нагул в нерестовую реку и Куршский залив.

Часть личинок переводили на выращивание в инкубационный цех УОХ КГТУ, где разрабатывалась технология выращивания мальков щуки массой 1 г на искусственных кормах. На базе экспериментальных УЗВ лаборатории кафедры аквакультуры проводили оценку адаптационных возможностей молоди щуки в условиях воздействия различных режимов солености, pH, уровня воды, эффективности кормления искусственным стартовым кормом «Aller Futura», производимым датской фирмой «Aller Aqua».

- *рыбец*: производители рыба, выловленные в мае-июне 1999-2000 гг. на нерестилищах р. Шешупе (бассейн р. Неман), икра, сперма, предличинки, личинки, мальки, сеголетки, годовики. Производителей рыба отлавливали ставными сетями с ячеей 40-50 мм на нерестилищах, расположенном в нижнем бьефе плотины в г. Краснознаменске и отстоящих вниз по течению на расстоянии 1 км. Фиксация уловов, возрастного и полового состава производителей рыба позволяла установить временную структуру нерестового хода рыба в р. Шешупе. Отловленных производителей помещали в живорыбный контейнер (2 м³) и доставляли в инкубационный

цах УОРХ КГТУ, где их отдельно по полу помещали на преднерестовое выдерживание в бассейны. В свою очередь, самок рыба разделяли на три группы по степени готовности к нересту. Самки первой группы имели мягкое брюшко. У части из них при пальпации из генитального отверстия выделялись единичные икринки. Самки второй группы имели более тугое брюшко. У третьих оно было менее заметно. Показателем большей степени готовности к нересту было более покрасневшее и припухшее генитальное отверстие.

Самкам первой группы, как правило, делали однократную инъекцию суспензии лецевого гипофиза. Самкам второй группы делали дробную инъекцию: предварительную (1/10 общего количества используемого гипофиза), через 24 ч разрешающую (оставшееся количество гипофиза). Схема инъектирования самок третьей группы была аналогичной. Поскольку все самцы были текучими, то их не инъектировали.

Овулировавшую икру сцеживали в эмалированный таз, сперму - в пробирки. Осеменение икры проводили модифицированным способом [192]. Обесклеивание икры по методике Е.Р. Сухановой (1968). Обесклеенную икру помещали в аппараты Вейса. Длительность эмбрионального развития при средней температуре воды 18°C составляла около 1300 градусо-часов (3 суток). С появлением первых предличинок в аппаратах икру с водой сливали в эмалированный таз и переносили на рамки из газа, помещенные в бассейны [381].

В ходе экспериментов, проводимых в условиях бассейновых и аквариумных установок, устанавливали влияние на личинок, мальков, сеголетков различной плотности посадки, солёности. Разрабатывалась оптимальная схема кормления молоди искусственным стартовым кормом (Aller Futura) [500]. Отдельная серия экспериментов по влиянию солёности и кормления на рост и жизнестойкость сеголетков-годовиков рыба была поставлена на базе экспериментальных УЗВ лаборатории кафедры аквакультуры.

- *линь*: производители линя, выловленные в мае-июле 2004-2007 гг. на границе нерестилищ на р. Немонин; икра, сперма, личинки, мальки, сеголетки, годовики. Производителей линя отлавливали на постоянных в течение трех сезонов местах – границе нерестилищ ставными и ботовыми сетями с ячейей 50 мм, что позволяло установить временную структуру подхода производителей линя к нерестилищам.

Отловленных производителей помещали отдельно по полу в бассейны инкубационного цеха, куда обеспечивалась подача воды из системы терморегуляции. Самок линя по степени выраженности вторичных половых признаков разделяли на 4 группы: 1-я – самки с высокой степенью готовности к нересту имели большое, округлое и мягкое на ощупь брюшко, генитальное отверстие припухшее и покрасневшее. При пальпации возможно выделение единичных икринок. При выдерживании в течение 5-6 часов при температуре воды 21-24°C самки отдавали овулировавшую икру без применения гипофизарных инъекций; 2-я – самки с аналогичной кар-

тиной вторичных половых признаков, но не отдавшие овулировавшую икру после 5-6 часового выдерживания. Им делали двухкратную инъекцию препарата лещевого гипофиза: предварительную 1/10-1-12 от объема всей дозы (0,5 мг/кг массы самки), через 12 часов разрешающую (оставшийся объем препарата гипофиза); 3-я – самки с заметно выделяющимся, но тугим на ощупь брюшком, развитым, но бледным генитальным отверстием. После выдерживания в течение двух суток к ним применяли трехкратную гипофизарную инъекцию: предварительную (1/10-1/12 от общего объема всей дозы), через 12 часов вторую (1/3 от общего объема дозы), через 24 часа разрешающую (оставшийся объем препарата гипофиза); 4-я – самки с заметным брюшком, но его округлость менее выражена. После выдерживания не менее двух суток при температуре 22-24°C им делали трех и более кратную гипофизарную инъекцию: предварительную (1/14 от общего объема всей дозы), через 12 ч вторую (1/14 от общего объема всей дозы), через 12 ч третью (1/4 от общего объема всей дозы), через 12 ч разрешающая (3/5 от общего объема всей дозы). В случае отсутствия овулирования икры после разрешающей инъекции самкам делали через 24 ч дополнительные, но не более двух, инъекции.

Самцов содержали при более низкой температуре воды (19-20°C). Без использования гипофизарных инъекций спермация у них отмечалась в течение 3-5 суток. Овулировавшую икру сцеживали в эмалированные миски объемом до 1 л. Сперму у самцов линия отбирали катетером и сразу выливали на икру. Осеменение проводили сухим способом [334]. После перемешивания в течение 30-40 с икры и спермы в миску добавляли оплодотворяющий раствор Войнаровича (40 г поваренной соли и 30 г мочевины, растворенные в 10 л воды), снова перемешивали и оставляли содержимое миски в покое на одну минуту. Следующей операцией было обесклеивание икры в жидкости Войнаровича. Продолжительность обесклеивания – 40 мин. Смена раствора каждые 20 мин. На завершающем этапе обесклеивания проводили две 15 с экспозиции 0,05% раствора танина (5 г танина в 10 л воды). Затем икру промывали и помещали на инкубацию в аппараты Вейса. Продолжительность инкубации икры зависела от температуры (табл. 5).

Таблица 5 - Продолжительность инкубации икры линия

Показатели	Средняя температура воды за период инкубации, °С		
	21,5	22,7	23,8
Продолжительность инкубации, ч	49-52	38-39	35-40

При обнаружении в аппаратах Вейса первых вылупившихся предличинки начинали перевод икры на рамки в бассейны. Вылупление предличинки стимулировали помещением икры с водой из аппарата в таз с водой, где при отсутствии водообмена в течение 0,5-1 ч вылупляется большая часть предличинки. Их сливали вместе с водой в бассейн, а оставшуюся икру помещали на рамки.

Выдерживание предличинок при температуре воды 21-24°C продолжалось 5-6 сут. В первые 5 сут с начала кормления основным кормом служили науплии артемии и смесь мелких ветвистоусых ракообразных (босмина, моина) в количестве 100 % от массы личинок. С 5-6 сут в рацион стали вводить искусственный стартовый корм Aller Futura. В течение пяти суток суточную дозу этого корма увеличивали до 20%, а живого снижали до 50%.

Элемент подкормки живым кормом сохраняли до достижения личинками массы тела 8-10 мг. Суточная доза кормления искусственным кормом на протяжении всего периода выращивания молоди линя соответствовала нормам, применяемым для карпа [394].

При учете вероятного в условиях водозабора из реки, пресса на личинок линя паразитических простейших (апиозома, амбифрия, триходина, хилодонелла) эффективной оказалась разработанная методика борьбы с ними. Для этого применяли ванны поваренной соли в концентрации 0,5% с 12 ч экспозициями, повторявшимися в течение трех суток. Выращивание сеголетков и годовиков проводили в экспериментальных УЗВ.

Оценка адаптационных возможностей молоди линя проводилась на основании данных по влиянию температуры воды, солености, рН на рост и выживаемость рыб.

- *стерлядь*: мальки завезенные в 2005 и 2006 гг. из Конаковского завода товарного осетроводства, в 2007 г. из НПЦ «Биос» (г. Астрахань), сеголетки, годовики из рыбоводного хозяйства Пермской ГРЭС.

Мальков стерляди рассаживали на выращивание в различные рыбоводные системы: экспериментальные УЗВ, садки (Калининградский Центр аквакультуры – НВХ «Прибрежное»), бассейны (инкубационный цех рыболовецкого колхоза им. Матросова). Проводилась оценка роста и жизнестойкости мальков, сеголетков. Кормление рыб проводили кормом Aller Futura в соответствии с установленными нормами.

При выращивании молоди стерляди в УЗВ устанавливали влияние на рост и выживаемость солености, рН.

- *угорь*: проводили исследования по оценке скорости роста, жизнестойкости молоди угря с учетом наличия модальных групп в выращиваемых генерациях угря. Оценивалось влияние абиотических и биотических факторов на раскрытие биологической потенции угря в первый год жизни. Обосновывалась полицикличная технология выращивания посадочного материала угря для зарыбления пастбищных водоемов. Была дана оценка приемной емкости экосистем пастбищных водоемов во вселяемой молоди угря, щуки, рыба, линя, стерляди.

При исследовании объектов пастбищной аквакультуры использовали стандартные и модифицированные методики.

Материалом для исследований по разработке технологий товарной аквакультуры служили:

- *канальный сом*: производители, выращенные из личинок, завезенных в 1986 и 1987 гг. из рыбхоза «Горячий ключ» Краснодарского края, икра, сперма, предличинки, личинки, мальки, сеголетки, годовики (товарная рыба). При формировании маточного стада канального сома решали задачи смещения сроков созревания производителей и двухкратного в течение года получения потомства. Впервые была разработана методика прижизненного хирургического изъятия семенников у самцов, размельчения краевой зоны и продавливания спермальной жидкости на икру через марлю. Методика стимулирования созревания самок и самцов путем проведения гипофизарных инъекций была стандартной [51, 105].

В ходе выращивания личинок, мальков, сеголетков, годовиков оценивали раскрытие у них ростовой и адаптогенной потенции. Проводимые работы были направлены на обоснование создания полициклических технологий выращивания посадочного материала и товарного сома.

- *клариевый сом*: производители первой генерации, выращенные из шестимесячного ремонтного поголовья завезенного из ВНИИПРХ, вторая и последующие генерации, выращенные из потомства, полученного от производителей первой генерации; икра, сперма, предличинки, личинки, мальки, посадочный материал, товарная рыба. При стимулировании созревания самок сома первой генерации применяли дробную схему гипофизарных инъекций (лещевой гипофиз): предварительная 0,5 мг/кг массы самок, через 5 часов разрешающая (4 мг/кг), овулирование икры при температуре воды 24°C отмечали через 24 ч. Самцам вводили 2,5 мг/кг гипофизарного препарата при проведении самкам предварительной инъекции. При стимулировании созревания самок второй и последующих генераций вводили разовую дозу гипофизарного препарата (лещевой гипофиз) 4,5 мг/кг. Овулирование икры при температуре 24°C наступало через 22 ч. Самцам вводили одновременно с самками половинную дозу гипофизарного препарата. Икру у самок сцеживали в эмалированный таз. У самцов хирургическим методом извлекали семенники, скальпелем делали в них многочисленные продольные разрезы, часть стекающей из них спермы собирали в стеклянный стакан. После этого семенники помещали в марлевый многослойный мешок и продавливали спермальную жидкость в отдельный стакан. Затем всю полученную сперму выливали на икру. Осеменение проводили сухим способом [254]. Обесклеивание икры проводили при экспозиции 25 с в растворе танина (7 г на 10 л воды), в соответствии с известной методикой [497]. После промывки икры свежей водой ее помещали в аппараты Вейса. При температуре воды 25-27°C инкубация завершалась за 23-27 ч. Вылупившихся предличинок и икру с помощью сифона сливали с водой в эмалированный таз. После выстаивания таза с содержимым в покое в течение 20 – 30 мин по методике, описанной ранее для щуки и линя предличинок, поднявшихся к поверхности сливали с водой в бассейны.

При выращивании личинок, мальков, сеголетков и годовиков сома придерживались известной методики нормирования биотехнического процесса [497].

Оценивали раскрытие у рыб на разных этапах выращивания ростовой и адаптогенной потенции при различной температуре воды, плотности посадки. Работы были направлены на разработку полициклических технологий выращивания посадочного материала и товарного сома.

-*угорь*: стекловидные личинки, завезенные из Марокко (“Wasser-Fish”, Польша), Англии (“AquaPrime”, Польша), Португалии (ООО «ТПК «Балтптицепром», г. Калининград), мальки, сеголетки, годовики (товарная рыба). Анализировались данные отечественных и зарубежных литературных источников о раскрытии ростовой и адаптогенной потенции угря на этапах товарного выращивания. Работы были направлены на разработку технологии выращивания товарного угря до разных весовых кондиций с максимальным охватом в течение года периода реализации товарной продукции.

- судак: оплодотворенная икра дикого судака Куршского залива, личинки, мальки, сеголетки, годовики, двухлетки (товарная рыба), производители, выращенные в УЗВ и их половые продукты и потомство. Разрабатывалась технология формирования ремонтно-маточного стада судака в УЗВ. Оценивались продуктивные качества производителей, особенности роста и жизнестойкости, эффективности кормления судака живым и искусственным кормом на разных этапах биотехнического процесса. Исследования были направлены на обоснование полициклической технологии выращивания посадочного материала и товарной рыбы.

- стерлядь: производители, выращенные в УЗВ из мальков, завезенных из ранее обозначенных рыбоводных предприятий России; половые продукты, предличинки, личинки, мальки, сеголетки, годовики, двух- и трехлетки (товарная рыба, ремонтное поголовье). Оценивалось влияние абиотических и биотических факторов на рост, жизнестойкость, эффективность кормления стерляди. Исследования были направлены на обоснование полициклической технологии выращивания посадочного материала и товарной рыбы.

- радужная форель: гибридная форма, полученная в результате скрещивания между рыбами, завезенными в 1977-79 гг. из Беларуси (рыбхоз «Волма»), Латвии (рыбколхоз «Банга», Ленинградской области (рыбколхоз «Прогресс») в садковое хозяйство «Прибрежное»; производители, выращенные в УЗВ, их половые продукты, предличинки, личинки, мальки, сеголетки. Разрабатывалась технология формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада форели в УЗВ. Оценивались продуктивные качества производителей в последовательных генерациях, особенности роста и жизнестойкости, эффективности питания на разных этапах выращивания ремонта, производителей и их потомства.

Критерием оценки рыбоводно-биологических характеристик всех исследованных рыб, эффективности биотехнического процесса их разведения и выращивания служили результаты гематологических, морфофизиологических и иммунологических исследований, проводимых с целью установления физиологического статуса рыб.

2.2 Методы исследований

Во всех вариантах экспериментов и исследованиях на водоемах температуру воды, содержание растворенного в воде кислорода, величину водородного показателя (рН) измеряли по стандартным методикам [61, 394].

Содержание аммония, нитритов и нитратов, величину водородного показателя (рН) определяли с помощью модульной лаборатории для определения качества воды «НКВ-2» и рН-метра «Экотест-2000».

Возраст производителей щуки, линя, рыба определяли по количеству годовых колец на чешуе по общепринятой методике [307].

Продуктивные качества производителей щуки, линя, рыба, канального и клариевого сомов, судака, стерляди, радужной форели определяли по диаметру икринок, рабочей и относительной рабочей плодовитости, объему эякулята, времени подвижности сперматозоидов, в соответствии с общепринятыми методиками [18, 346, 34]. Степень зрелости гонад определяли путем вскрытия брюшной полости визуалью по шестибальной шкале [348]. Контроль роста рыб и корректировка кормления осуществлялась на основе контрольных обловов, проводимых:

- при выращивании личинок и мальков каждые 5-10 сут;
- при выращивании сеголетков, годовиков, двухлетков каждые 15 сут;
- при выращивании ремонтно-маточного стада каждые 30 сут;

Оценку скорости роста рыб и скорости массонакопления проводили на основе расчета величин двух показателей:

1. Относительный среднесуточный прирост (С) [307]:

$$C = \frac{(M_{\text{кон}} - M_{\text{нач}}) \times 2 \times 100}{(M_{\text{нач}} + M_{\text{кон}}) \times (T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}})}, \quad \% \quad (3)$$

где $M_{\text{нач}}$ и $M_{\text{кон}}$ – начальная и конечная масса рыб, г;

$T_{\text{нач}}$ и $T_{\text{кон}}$ – возраст рыб в начале и конце периода, сут

2. Общепродукционный коэффициент массонакопления (K_M) [146, 172, 173, 253].

$$K_M = K_3 \times K_2 = \frac{(M_{\text{кон}}^{1/3} - M_{\text{нач}}^{1/3}) \times 3}{(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}})}, \quad \text{где} \quad (4)$$

K_3 – экологический коэффициент роста; K_2 – генетический коэффициент роста; Остальные показатели те же, что и в предыдущей формуле.

Прогноз роста рыб на последующих этапах выращивания проводили используя формулу:

$$M_K = \frac{(K_M \times T + 3 \times \sqrt[3]{M_{\text{Н}}})^3}{3}, \quad (5)$$

где показатели те же, что в формуле 3.

Кормление молоди выращиваемых рыб осуществляли отечественными рецептурами кормов РГМ-6М, (канальный сом) и зарубежными Aller Futura, Aller Futura Larvae, Aller ArtEx (рыбец, линь, щука, стерлядь, клариевый сом, угорь, судак, радужная форель). При выращивании товарной рыбы использовали отечественную рецептуру РГМ-5В (канальный сом), зарубежные рецептуры Aller Forelle, Aller Sapfir, Aller Metabolia, Aller Bronze, Aller Trident, Aller Nova, Aller ivory, Marico Focus (клариевый сом, форель, стерлядь, угорь, судак). Производителей кормили отечественными рецептурами РГМ-5В и РГМ-8П (канальный сом) и зарубежными: Aller Sturgeon REP (клариевый сом, стерлядь, судак, форель).

Суточные дозы кормления при выращивании молоди рыбца и щуки рассчитывали по формуле Хаскелла [72, 74] и в эксперименте устанавливали их истинные значения. Суточные дозы кормления для остальных объектов устанавливали по кормовым таблицам [47, 74, 254, 298] и корректировали в ходе экспериментов.

В экспериментах по выращиванию товарного клариевого сома при оптимальной температуре воды (27°C), ориентированном на максимальное раскрытие ростовой потенции рыб с личиночных этапов развития применяли методику ежедневной корректировки суточной дозы кормления с учетом ожидаемого среднесуточного прироста массы рыб. В этом случае величину среднесуточного прироста массы рыб, выражаемую в процентах [497] переводили в безразмерный коэффициент, который умножали на весовое значение суточной дозы, определяемое по кормовой таблице. Эффективность этой методики оправдывалась полным съеданием корма и низким значением кормового коэффициента, если период между контрольными обловами не превышал 10 сут, когда устанавливали новое значение относительного среднесуточного прироста и вносили корректив в кормление на последующий период. Выбор размера крупки, гранул корма на различных этапах выращивания рыб соответствовал имеющимся рекомендациям, учитывающим соответствие размеров рыб и ростового аппарата возможности поедания корма [74, 254].

Для оценки физиологического состояния производителей рыб и их потомства использовали метод морфофизиологических индикаторов С.С. Шварца (1968). Величину морфофизиологических индексов определяли как отношение массы высушенного на фильтровальной бумаге органа к массе порки, выраженного в процентах [489]. Определяли индексы сердца, мозга, печени, почек, селезенки, жабр. У производителей также определяли величину гонадосоматического индекса.

Кровь у производителей и потомства брали из хвостовой вены. Концентрацию гемоглобина определяли унифицированным гемоглобинцианидным методом на спектромоме при зеленом светофильтре. Концентрацию гемоглобина рассчитывали по формуле (6):

Среднее содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ) вычисляли по формуле:

$$Hb = \frac{E_{onm}}{E_{cm} \times C \times K \times 0,01}, \quad (6)$$

где Hb - концентрация гемоглобина, г·л⁻¹; E_{опт} – экстинкция опытной пробы; E_{ст} – экстинкция стандартного раствора; C – концентрация гемоглобинцианида; K – коэффициент разведения крови; 0,01 – коэффициент для пересчета в г/л.

Концентрацию эритроцитов определяли под микроскопом в камере Горяева, используя формулу (7):

$$\mathcal{E}p = \frac{(n \times D)}{N \times V \times 1000000}, \quad (7)$$

где Эр - концентрация эритроцитов, Т/л⁻¹; n– число подсчитанных эритроцитов; D – степень разбавления (200); N – число подсчитанных малых квадратиков в камере Горяева; V – объем малого квадратика (1/4000 мкл); 1000000 – множитель для пересчета в млн/мкл.

Мазки крови фиксировали и окрашивали по Паппенгейму в киевском аппарате для массовой окраски мазков с использованием красителя-фиксатора Мая-Грюнвальда и рабочего красителя Гимзы-Романовского [359].

Концентрацию лейкоцитов (Л) определяли косвенным методом на 500 эритроцитов, концентрацию общего белка в сыворотке крови (ОБС) – по коэффициенту преломления сыворотки, который измеряли на рефрактометре. Подсчет лейкоцитарной формулы крови производили на сухих мазках, используя микроскоп «Микмед» и иммерсионный объектив. На каждом мазке подсчитывали 200 лейкоцитов по общепринятой методике, используя классификацию клеток крови рыб [127].

В качестве иммунологических параметров были исследованы начальная и конечная концентрация лизоцима, концентрация гамма-глобулинов. Исследования проводили по стандартным методикам [9, 208].

На основании анализа фагоцитарной активности лейкоцитов крови вычисляли: 1) фагоцитарный индекс Гамбургера - долю фагоцитирующих лейкоцитов; 2) фагоцитарное число Ройта (ФЧ) - показатель активности фагоцитирующих лейкоцитов [331].

Для проведения исследований по указанным выше показателям гуморального иммунитета использовали гомогенаты внутренних органов – сердца, мозга, печени, почки,

селезенки и жабр, приготовленные по стандартной методике на фосфатном буфере, исследования проводили по стандартным методикам [208, 229].

Решающее влияние плотности посадки на пастбищный нагул молоди ценных видов рыб на ее результативность, определяемую величиной промвозврата, оказывает определение приемной емкости экосистемы во вселяемой молоди. В связи с этим нами была модифицирована методика расчета приемной емкости экосистемы водоема во вселяемой молоди понто-каспийских ракообразных [187], которая учитывает влияние на рыб в период пастбищного нагула основных лимитирующих абиотических и биотических факторов. В результате удалось рассчитать плотность посадки в водоем молоди рыб и, используя нормативные значения коэффициента промвозврата [63], установить величину ожидаемого промыслового возврата.

В основу составления технологических схем выращивания посадочного материала и товарной рыбы был положен расчетный алгоритм роста. В расчетах учитывали, на основе достигнутых результатов и литературных данных, возможные величины общепродукционного коэффициента массонакопления, отражающего раскрытие ростовой потенции рыб. Рассматривались различные сроки получения потомства, ориентированные на построение полициклических технологий. Решали задачи получения максимальной годовой рыбопродукции, получаемой с единицы площади (объема) рыбоводных емкостей в результате многократного их использования.

Результаты исследований, отражающие достигнутый технологический уровень, нашли отражение в предлагаемых рыбоводно-биологических нормативах.

Схемы исследований, направленных на разработку технологий пастбищной и индустриальной аквакультуры представлены на рисунках 26 и 27. Объем исследованного материала указан в таблице 6.

Весь собранный в ходе работ материал обрабатывался статистически. Статистическую обработку полученных результатов выполняли по общепринятым методикам [4, 186] с помощью программных пакетов “Microsoft Excel”. Определяли параметры признаков: среднеарифметические – M , их ошибки – m , среднеквадратичное отклонение – σ .

Достоверность различий по этим показателям определяли с помощью критерия Стьюдента [186]. Для подтверждения достоверности различий использовали критерий Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05; 0,01$ и $0,001$. Для установления связей между показателями по общепринятым методикам проводили корреляционный анализ.



Рисунок 26 – Схема исследований, направленных на разработку технологий пастбищной аквакультуры



Рисунок 27 – Схема исследований, направленных на разработку индустриальной товарной аквакультуры

Таблица 6 – Объем исследованного материала

Наименование	Количество
Пастбищная аквакультура	
Изучение размерно-возрастных показателей производителей	787
Оценка временной структуры нерестового хода производителей	960
Оценка рабочей и относительной плодовитости	251
Количество проб на определение: - диаметра икринок - объема эякулята - времени подвижности сперматозоидов	215 177 177
Количество: - личинок - мальков - сеголетков - годовиков	9500 9250 6450 2100
Морфометрические исследования	362
Морфофизиологические исследования	882
Гематологические исследования	1130
Иммунологические исследования	715
Индустриальная аквакультура	
Изучение размерно-возрастных показателей ремонта и производителей	5719
Оценка рабочей и относительной плодовитости	530
Количество проб на определение: - диаметра икринок - объема эякулята - времени подвижности сперматозоидов	1524 748 748
Количество: - предличинок - личинок - мальков - посадочного материала - товарной рыбы	3400 3300 2750 2700 2515
Морфометрические исследования	325
Морфофизиологические исследования	1605
Гематологические исследования	6695
Иммунологические исследования	5540

3 БИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Щука (*Esox lucius* L.).

Для таких видов рыб как щука, судак, налим, окунь, плотва состояние популяции, соответствующее их промысловому и мелиоративному значению, считается благоприятным, когда доля их в уловах близка к 7% [131]. Согласно данных таблицы 7 видно, что для Куршского залива благоприятным можно признать состояние популяций судака и плотвы [33].

Таблица 7 - Доля рыб в общих уловах (%) в Куршском заливе [376]

Виды рыб	Доли в уловах, %						
	1947-1956 гг.	1957-1966 гг.	1967-1976 гг.	1977-1986 гг.	1987-1995 гг.	1996-2006 гг.	2007-2018 гг.
Щука	3,9	3,0	2,0	1,15	1,5	0,9	0,4
Судак	14,4	8,7	7,9	8,0	6,4	9,3	9,4
Налим	2,8	3,0	1,8	0,5	0,7	0,5	0,65
Окунь	5,3	4,3	5,0	5,2	6,8	3,0	5,1
Плотва	11,8	7,7	17,8	25,7	22,4	20,3	18,5

С другими видами рыб ситуация не столь благополучная и ее можно признать напряженной на основании доли их присутствия в уловах. Современная доля щуки (0,4%), налима (0,65%), окуня (5,1%) ниже критической величины. В связи с этим, показательны данные таблицы 8, которые отражают, с одной стороны, мелиоративный эффект присутствия щуки в Куршском заливе в виде действенного пресса на популяции малоценных видов рыб, с другой, обеспеченности предпочитаемой пищей [33].

Таблица 8 - Динамика среднегодовых уловов щуки и рыб – жертв, т [252, 376]

Виды рыб	Периоды, гг.							
	1928-1938	1948-1957	1958-1967	1968-1977	1978-1987	1988-1997	1998-2006	2007-2018
Щука	25	135	125	80	54	40	11,8	10,0
Плотва	480	395	370	750	1100	800	398	456
Окунь	380	170	240	210	190	220	65	134
Ерш	2250	200	660	390	610	670	57	30
Суммарный среднегодовой улов рыб – жертв	3110	765	1270	1350	1900	1690	520	630
Отношение уловов: рыбы – жертвы : щука	124 : 1	5,7 : 1	10,2 : 1	17 : 1	35,2 : 1	42,1 : 1	44 : 1	63 : 1

Очевидным представляется, что расцвет популяции щуки, отмечаемый в 50-70-е годы сопровождался наибольшим мелиоративным эффектом. Однако, с середины-конца 70-х годов

началось резкое снижение численности популяций щуки, которое достигло исторического минимума в последние десятилетия.

Признавая решающее влияние на сокращение численности популяций щуки в период с конца 60-х – начала 70-х годов до середины 80-х годов ранее обозначенных факторов, следует привести данные о динамике уловов рыбака в северной части Куршского залива и р. Неман в сравнимый и последующий периоды времени. Целесообразность этого связана с тем, что в результате зарегулирования р. Неман были также потеряны около 50% площадей нерестилищ этого вида. Из числа основных объектов промысла в Куршском заливе в 50-70-е годы (средние уловы около 400 т, максимальный более 1500 т/год) к началу – середине 90-х годов он перешел в разряд объектов прилова [177]. Однако, к середине – концу первого десятилетия 21 века уловы рыбака у литовских рыбаков возросли до 80-100 т/год [313]. В российской части залива ситуация не изменилась и рыбацк единично фиксировался в уловах до середины второго десятилетия XXI века. Однако в последние три года в российской части залива уловы рыбака также возрастали, но суммарно по литовской и российской части не превысили 100 т.

Щука же, в силу возрастающего влияния в период с середины 80-х до настоящего времени ранее обозначенных факторов, связанных с изменением климата и увеличением температуры воды в декабре-феврале и снижения в марте-апреле, не смогла реализовать воспроизводительный потенциал на доступной для нереста акватории, что объясняет современное ее кризисное состояние. В связи с этим очевидным представляется, что для щуки реальным механизмом увеличения численности ее популяций является искусственное воспроизводство. Тем более, что условия для нагула щуки в Куршском заливе остаются благоприятными.

Если обратиться к данным таблицы 8, то можно отметить, что максимальные уловы щуки отмечали в годы, когда соотношение рыб-жертв и щуки было 6-10:1. Если предположить, что данное соотношение реализуется при современных среднегодовых уловах рыб-жертв, то можно ожидать увеличение уловов щуки до 50-80 т. Щука, несмотря на относительную однородность на большей части акватории Куршского залива гидрологических и гидробиологических условий, имеет популяционную структуру, проявляющуюся в сроках и характере нерестового хода в реки, впадающие в Куршский залив. В рукавах р. Неман щука, как правило, заканчивает нерест позже, чем в других реках, что в первую очередь зависит от скорости прогрева воды. Разность в температуре воды в р. Матросовка (рукав р.Неман) и р. Немонин, протекающей параллельно ей на расстоянии 500 м может в апреле в одни и те же сроки достигать 3-5°C [93]. Особо следует обратить внимание на изменившуюся в последние 25 лет продолжительность нерестового хода щуки. Так, по нашим наблюдениям в 2002-2007 гг. продолжительность нерестового хода, фиксируемого с момента распаления льда на р. Немонин, не превышала одного месяца [255, 265].

В то же время многочисленные данные, охватывающие период с 50-х до 80-х годов прошлого столетия, показывают большую продолжительность периода нерестового хода, достигавшую максимально 2,5 месяца [21]. Что следует рассматривать, прежде всего, как результат изменившихся климатических и гидрологических условий. При этом все же сохранилась присущая щуке временная структура нерестового хода [188].

Нерестовый ход щуки состоит из нескольких волн. Соотношение самцов и самок в период нерестовой миграции 1,5:1. Анализ фиксируемых данных на примере р. Немонин (бассейн Куршского залива) в 2003 – 2004 гг. о ежедневном вылове производителей щуки, динамике температуры воды показал, что нерестовый ход щуки представлен двумя – тремя волнами (рис. 28).

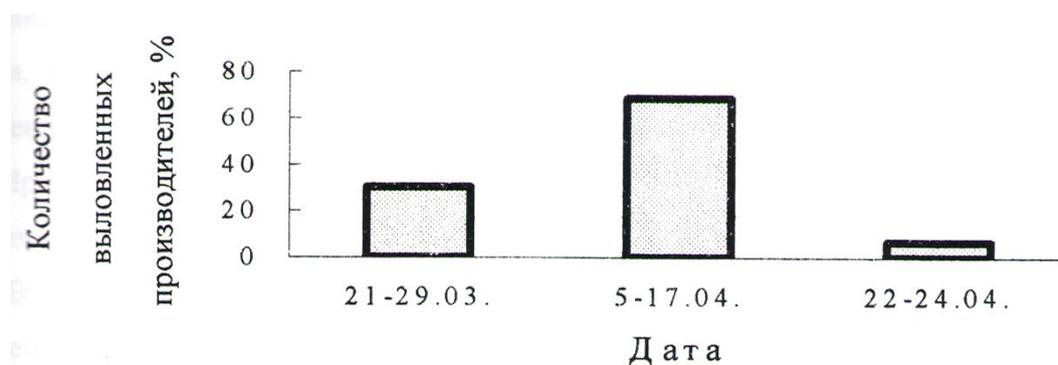


Рисунок 28 – Структура нерестового хода производителей щуки в 2003 г.

В интервале между волнами нерестового хода уловов щуки нет или же попадаются единичные экземпляры. Очевидным представляется наличие в структуре нерестового хода двух основных волн нерестовой миграции, которые охватывают 80% производителей щуки. Наибольший интервал между первой и второй волнами нерестового хода составляет семь дней, наименьший между второй и третьей составляет четыре дня. Внутри каждой волны отмечается в основном равномерное прохождение рыб к местам нереста.

Оценивая степень влияния температуры на проявление волн нерестового хода, следует отметить, что первая волна проходит на фоне медленного повышения температуры, сопровождаемого уменьшением скорости течения воды. Биологическую целесообразность нерестового хода в этот период можно объяснить поступательным ростом температуры воды в сторону оптимальных для нереста значений (4-7°C).

Вторая волна нерестового хода проходит на фоне максимального подъема воды в реке при нагонном явлении и поворота течения в обратную сторону, что существенно облегчает прохождение производителям обмелевшей и забитой льдом устьевой части реки и движение вверх по течению. Третья волна нерестового хода проходит в условиях наступления пограничной для нереста температуры.

Таким образом, структура нерестового хода щуки в разные годы представлена двумя основными волнами. Наиболее мощной является вторая волна нерестового хода, характеризующая прохождением около 70% производителей. Использование этих данных позволяет оптимизировать отлов производителей для целей искусственного воспроизводства, придать этим работам плановый характер, а также усовершенствовать технологию их преднерестового содержания, инкубации икры и выращивания потомства щуки [33].

Периоду, когда в реках проходит нерестовая миграция и непосредственно нерест у щуки, соответствует интервал температуры воды 2-13°C. При этом максимальное количество производителей в местах нереста отмечено при температуре 4-7°C, которую следует признать оптимальной. Это согласуется с ранее приведенными данными J. Virbickas (2000) и других авторов [21, 188, 351].

Во временной структуре нерестового хода щуки проявляется стремление популяции сохранить и приумножить численность, поскольку реализация воспроизводительного потенциала в разные сроки, при разных гидрологических и гидробиологических условиях дает возможность гарантировано получить сколь-нибудь значимое по численности потомство, получаемого хотя бы от одной группы производителей (волны нерестового хода). Поэтому, отмечаемое сокращение продолжительности нерестового периода, очевидно ограничивает эту возможность. Подтверждением этому могут служить данные наших наблюдений в 2002-2003 гг. [266, 267]. После повышения температуры воды к концу марта до 4°C последовал длительный трехнедельный период, когда температура воды не превышала 2-3°C. В этот год было зафиксировано прохождение трех волн нерестового хода. В 2004-2005 гг. при поступательном увеличении температуры воды от 2 до 11°C отмечали две волны нерестового хода.

Оценка размерно-возрастного состава производителей щуки, выловленных на разных участках неерстовой миграции (залив – река Немонин) при сопоставлении со статистическими данными [266, 267, 563] показала, что популяция щуки, реализующая воспроизводительный потенциал в р. Немонин, представлена более быстрорастущими рыбами по сравнению с данными по литовской части залива (прилож. 2, табл. 2.1).

Это может быть связано, с одной стороны, с тем, что данные, приводимые автором, получены при анализе уловов щуки преимущественно в литовской более мелководной части залива. Как известно, щуке свойственна возрастная иерархия в освоении нагульного биотопа. В первые годы жизни она предпочитает нагуливаться в мелководной (до 1-1,5 м) зоне водоема. Более возрастная осваивает большие глубины, придерживаясь придонного слоя воды.

С другой стороны, более высокая кормность российской части залива способствует лучшей реализации у щуки ростовой потенции [188, 351]. Это показано также для леща, нагуливающегося в российской и литовской части залива [269]. Следует отметить, что данные, учтенные

J. Virbickas (2000), охватывают период, когда суммарные уловы щуки в российской и литовской части превышали 50 т. Наши данные относятся к периоду, когда суммарные уловы не превышали 13-20 т. В российской части 8-12 т. Поэтому следует согласиться, что в условиях уменьшения численности популяции щуки при возросшей обеспеченности пищей, закономерно возрастает скорость роста рыб. Для щуки Куршского залива такая связь была отмечена ранее [188].

Как видно из прилож. 2, табл. 2.1 средние размеры самок щуки, выловленной в 2003 г. на разных участках нерестовой миграции были близкими. У самок из реки средняя масса тела составила 2423,0 г, у самок из залива (предустьевая зона р. Немонин) 2873,0 г. Эти данные позволяют предположить, что в пределах нерестового биотопа размерный состав самок был более или менее однородный. Однако, возрастной состав самок, выловленных на разных участках маршрута нерестовой миграции отличался. Самки, пойманные в реке имели возраст 4,8, в заливе – 4,1 года (рис. 29). Это можно рассматривать как результат неоднородности возрастной структуры нерестовой части популяции, проявляющейся в период нерестового хода в разных частях нерестового ареала. Вероятно это связано с тем, что щука в пределах осваиваемого ареала растет неравномерно и часть быстрорастущих самок начинает нерестовую миграцию в более поздние сроки. Подтверждением тому является факт активного питания этой группы самок в заливе корюшкой, у самок, выловленных в реке, желудки были пустые.

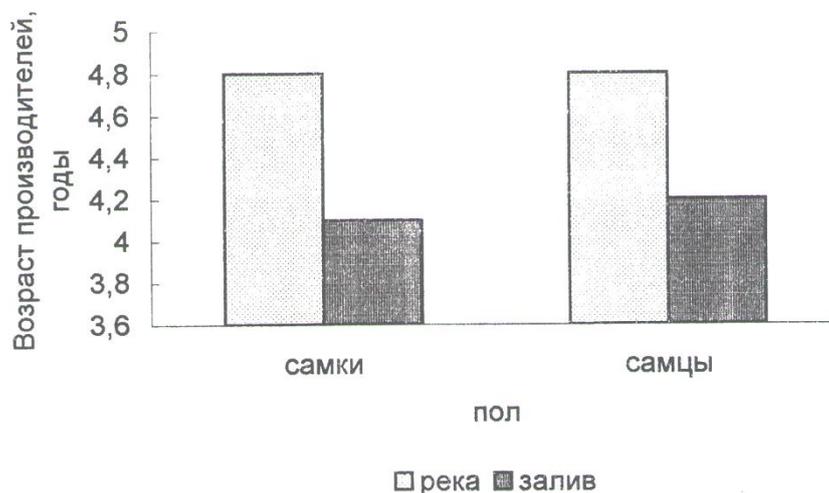


Рисунок 29 – Характеристика среднего возраста производителей щуки, выловленных в реке и заливе в 2003 г (n=100)

Важно отметить, что в группе самок из залива отсутствовали семи- и восьмилетовые рыбы, в то время, как в группе самок из реки данные возрастные группы присутствовали (7,9% от общего количества).

В 2004 г. из-за технических сложностей с обловом производителей щуки в заливе (пресс плавающего льда) анализу подвергались рыбы, выловленные в реке. Он показал уменьшение не только массы самок (2048 г против 2423 г в 2003 году), но и возраста рыб (с 4,8 до 4,3 года, различия достоверны при $p \leq 0,001$). Очевидно, что омоложение стада могло произойти за счет снижения доли старшевозрастных самок (3,8% от общего количества) и возрастания доли младшевозрастных, в том числе впервые достигших половозрелости (13,2% в 2003 г и 20,8% в 2004 г.).

В начале 70-х годов прошлого столетия имела место ситуация с омоложением нерестовой части популяции щуки, но она не сопровождалась уменьшением размеров рыб [349]. В нашем случае причина видится в большем прессе промысла на старшевозрастные группы в предшествующий период.

В то же время, если воспользоваться формулой общепродукционного коэффициента массонакопления, то скорость массонакопления у самок, начиная с возраста личинок до поимки в орудия лова в 2003 и 2004 гг. оказывается близкой, соответственно, 0,0077 и 0,0081. Средняя масса самцов, пойманных в 2003 г. в реке составила 1300 г, при средней длине 55,8 см. У самцов, выловленных в заливе средняя масса составила 1929,3 при средней длине 58,9 см (рис. 30, прилож. 2, табл. 2.1). Различия в массе и длине тела достоверны при $p \leq 0,01-0,001$.

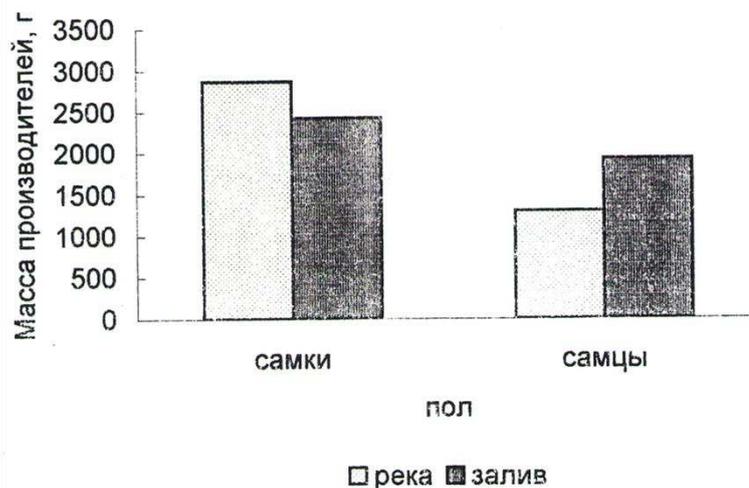


Рисунок 30 - Характеристика средней массы производителей щуки, выловленных в реке и заливе в 2003 г (n=100)

В основе установленных различий в размерах самцов, очевидно, лежат те же причины, что и у самок. Подтверждением этому служат данные по возрасту самцов. У выловленных в заливе средний возраст составил 4,2, у речных – 4,8 года. Различия достоверны при $p < 0,01$ для

массы и при $p < 0,001$ для возраста. Доля младшевозрастных 3-х годовалых самцов в 2003 г. составила 24%, в 2004 г. – 43% от общего количества.

Анализ состояния зрелости половых продуктов у самцов в разных частях нерестового биотопа показал, что на начальном этапе нерестовой миграции в заливе их гонады находились преимущественно в IV стадии зрелости (доля таких рыб 70%). Доля самцов с гонадами в V стадии зрелости составляла 20%. Это может говорить, что эти самцы вероятно участвуют в нересте, не совершая дальней миграции в реке, а осваивают нерестилища в устьевой зоне. В то же время 10% в отловленной группе самцов составляли рыбы с гонадами в VI стадии, вернувшиеся в залив после участия в нересте. Такая ситуация показательна и позволяет говорить о ротации групп производителей в пределах нерестового биотопа. Можно также предположить, что временные параметры нерестового хода и непосредственно нереста шире, чем определяемые сроки отлова производителей, исчисляемые со времени освобождения русла реки ото льда. Ранее некоторые исследователи указывали на возможность нереста щуки подо льдом в прибрежной зоне рек [21, 52, 350].

В реке Немонин семенники у самцов были преимущественно в V стадии зрелости (72%), что может говорить о близости мест поимки к нерестилищам. К тому же известно, что самцы щуки в силу особенностей формирования эякулятов в семенниках, способны многократно, в течение одного нерестового сезона, участвовать в осеменении икры, выметываемой разными самками [188].

Установленная доля зрелых самцов (72%) коррелирует с долей самцов в заливе, имеющих гонады в IV стадии зрелости (70%), что может говорить об определенной синхронности в нерестовом ходе крупных групп самцов.

Самки щуки на начальном этапе нерестовой миграции имели гонады в IV и IV-V стадии зрелости, соответственно, 60 и 40%. Можно предположить, с учетом более длительного, чем у самцов, перехода самок с IV на V стадии зрелости, что в этой части биотопа присутствовали две группы самок, которые в разные сроки совершают миграции в реку на нерест. Отчасти это подтверждают данные о близком соотношении в количестве самок в IV (36,8%) и IV-V (27,6%) стадиях зрелости в реке. Можно предположить, что самки с гонадами в IV стадии зрелости совершают в реке более дальние миграции к нерестилищам [265, 266]. В то же время, присутствие в реке самок с гонадами в V стадии зрелости (21,1%) и VI (14,5%) говорит о ротации производителей на нерестилищах.

Качество самок принято оценивать по рабочей, относительной рабочей плодовитости и диаметру икринок, самцов – по объему эякулята и времени подвижности сперматозоидов [141, 346].

Сравнительный анализ этих показателей у самок, выловленных на разных участках маршрута (река и залив) нерестовой миграции по данным 2003 г. показал, что у первых значения рабочей плодовитости колебались от 3,7 до 190,3 тыс. шт. икринок, среднее значение данного показателя равнялось 52,2 тыс.шт. икринок. Относительная рабочая плодовитость имела среднее значение 26,0 тыс. шт./кг массы самки и колебалась от 7,9 до 38,5 тыс.шт./кг. Диаметр икринок был от 2,0 до 3,0 мм, среднее значение 2,6 мм. У вторых значения рабочей и относительной рабочей плодовитости были сходными с первыми: рабочая плодовитость 48,7 тыс.шт, относительная 24,2 тыс. шт./кг. Однако, среднее значение диаметра икринок у самок, выловленных в заливе было меньше – 2,5 мм (табл. 9). Это может быть связано с тем, что самки из залива имеют менее зрелые икринки, что подтверждается степенью зрелости гонад. Но различия оказались не достоверными.

Таблица 9 – Сравнительная характеристика самок щуки, пойманных на разных участках маршрута нерестовой миграции (в реке и заливе) в 2003 – 2004 гг (n=145)

Год	Пол	Масса рыб, г	РП, шт	ОРП, шт/кг	Диаметр икринок, мм
		М ± m	М ± m	М ± m	М ± m
2003	Самки из реки	2584,70 ± 145,00	52,20 ± 2,90	26,00 ± 1,81 ²	2,60 ± 0,90
2003	Самки из залива	2412,32 ± 142,30	48,71 ± 2,32 ¹	24,24 ± 1,90 ²	2,53 ± 0,82
2004	Самки из реки	2048,80 ± 125,84	35,91 ± 1,80 ¹	15,60 ± 1,90 ²	2,10 ± 0,70

^{1 1, 2 2} различия достоверны при $p < 0,05$

Следует отметить, что значение плодовитости у самок щуки, выловленных в реке и заливе оказались выше нормативных показателей, установленных для искусственного воспроизводства щуки [62, 351]. По нормативным данным величина рабочей плодовитости должна составлять 40 тыс. шт. икринок, относительной рабочей плодовитости 20 тыс.шт./кг [350].

В 2004 г. отмеченное ранее омоложение стада производителей щуки и уменьшение их средней массы не отразилось на величине крайних значений показателя рабочей плодовитости самок, выловленных в реке, но при этом снизилась средняя величина этого показателя (35,9 против 52,2 тыс.шт. в 2003 г.) при $p \leq 0,01$. В такой же степени выявленная тенденция проявилась в величине относительной рабочей плодовитости. Так, в 2004 г. она оказалась почти на 9 тыс.шт./кг меньше, чем в 2003 г. Крайние значения этого показателя были близки в оба года исследований. Тем не менее, средняя величина показателя оказалась близкой (17,5 тыс.шт./кг) к нормативной (20 тыс.шт./кг). В большей степени изменения отразились на диаметре икринок (1,8-2,5 мм – крайние значения, 2,1 мм – среднее). Отмеченные особенности в формировании

полодовитости у самок щуки в 2004 г., очевидно, связаны с увеличением в составе стада производителей доли молодых самок. Если бы уменьшение плодовитости самок произошло по причине ухудшения условий обитания рыб в межнерестовый период, то оно должно было сопровождаться увеличением размера икринок [188, 290, 335].

При сравнении качества спермы самцов щуки, выловленных в реке Немонин в 2004 г., было установлено, что, несмотря на уменьшение средней массы тела (1009,0 против 1305,0 г в 2003 году), средний объем эякулята оказался близким по значению (0,8 против 0,9 мл в 2003 г.). В то же время средний показатель подвижности сперматозоидов был выше (173 против 156 с). Достоверность различий подтверждается при $p \leq 0,05$ (табл. 10). Причина этого видится в более продолжительном периоде благоприятной для нереста температуры воды р. Немонин в 2004 г. (2-4°С в 2003 г и 4-7°С в 2004 г.).

Таблица 10 – Сравнительная характеристика самцов щуки, выловленных в 2003-2004 гг в реке Немонин

Год	Пол	Количество, шт	Масса, г	Объем эякулята, мл	Время подвижности, с
			$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
2003	Самцы	25	1350,0 ± 198,0	0,9 ± 0,089	156 ± 2,8
2004	Самцы	44	1009,0 ± 137,0	0,8 ± 0,087	173 ± 3,2

Таким образом, формирование в пределах нерестового биотопа групп производителей, которые в разные сроки начинают и заканчивают миграцию на нерестилища следует рассматривать как стремление популяции щуки максимально реализовать воспроизводительный потенциал и увеличить свою численность. Этому способствует, хотя и меняющаяся в разные годы, высокая плодовитость самок, качество спермы самцов. Тем не менее, в течение длительного времени для популяции щуки Куршского залива свойственна глубокая депрессия, что позволяет говорить о низкой результативности естественного нереста у разных групп производителей. Вероятная причина этого обсуждалась ранее.

Экологической особенностью щуки, проявляемой на личиночных этапах развития является скат 2-4 недельных личинок в чашу Куршского залива. Доступная для них кормовая база в этот период (апрель-первая половина мая) в реках крайне обеднена по количественному и качественному составу. Поэтому этот фактор следует рассматривать как основной стимул для миграции [33, 351]. Наличие в заливе обширной мелководной, быстро прогреваемой прибрежной зоны с глубиной до 0,5-0,7 м и зарослей тростника, являющихся естественным укрытием для молоди, создает благоприятные условия для развития и роста молоди щуки [188]. Здесь надо отметить, что в отдельные годы, например, в 2006 г. в конце апреля-начале мая температура воды в р. Немонин в верхнем однометровом слое воды достигала значения 10-12°С, а в заливе не

превышала 6°C. Это не могло не сказаться на развитии кормовой базы в заливе и адаптивной реакции скатывающихся личинок в градиенте температуры, составляющем 4-6°C и в целом на их жизнедеятельности. Очевидно, что в таких условиях вероятно повышенная элиминация личинок. В связи с возможностью возникновения такой ситуации была разработана технология выращивания мальков щуки до массы 1 г что гарантирует попадание их при выпуске в благоприятные для нагула условия. При освоении данной технологии решается еще одна проблема – заготовки необходимого количества производителей щуки, потребность в которых почти на порядок ниже, чем при выпуске на пастбищный нагул 2-х недельных личинок. А это важно учитывать в условиях малой численности популяции щуки, в том числе половозрелой ее части.

Рыбец (*Vimba vimba* L.).

Ранее отмечалось, что в 50-70-е годы прошлого столетия рыбец являлся одним из основных, экономикообразующих объектов промысла в Куршском заливе и р. Неман. Максимальный вылов его был зафиксирован в 1954 г. (1634 т), к началу 70-х годов снизился до уровня около 400 т (в 1972 г - 337 т), затем последовало резкое уменьшение численности популяции рыбака и к началу 90-х годов он выбыл из числа объектов промысла [233, 398].

Весной в марте-апреле рыбец подходит к нерестилищам р. Неман и ее притоков. Яровой рыбец мигрирует из моря в реку Неман в апреле-мае [177]. Средняя скорость миграции озимого рыбака составляет 2 км/ч, ярового 5 км/ч. Начало нереста у озимой части популяции наблюдается при температуре воды 12,5-13,0°C, у яровой 15-18°C, пик нереста при температуре 16-20°C [32].

С учетом того, что фиксируемое в р. Шешупе нерестовое стадо относительно малочисленно (по данным К.В. Тылика (2000) составляет 3875 шт.), то это может объяснять встречаемость рыбака в уловах в российской части залива.

Ранее было отмечено для щуки, относящейся к рыбам с единовременным характером нереста, наличие временной структуры нерестового хода. Аналогичная структура показана и для рыбака, однако, механизм ее реализации несколько иной [33]. У щуки имеет место поступательный характер смены групп производителей на нерестилищах и скат отнерестившихся в чашу залива. У рыбака, в связи с порционным характером нереста, помимо наличия групп производителей в разные сроки подходящих к нерестилищам, просматривается иной характер ротации рыб непосредственно на нерестилищах. Самки после первого и второго нереста отходят от нерестилищ для созревания очередной порции икры. Период между созреванием очередной порции икры составляет от 11 до 20 сут [175, 492]. Самцы, как правило, большую часть нерестового периода остаются на нерестилищах или вблизи их.

Как правило, временная структура нерестового хода производителей рыба имеет две-три четко выраженные волны, в зависимости от численности нерестового стада, количества рыб в каждой возрастной группе и метеорологических условий [59].

С учетом стандартной структуры нерестового хода рыб первыми на нерестилища подходят впервые нерестующие особи [59, 492]. В р. Шешупе, это пятигодовалые самки и четырехгодовалые самцы. Их доля в уловах в сумме составляет 14,2%, однако ряд авторов указывает на то, что в р. Шешупе доля впервые нерестующих особей может достигать 40% [398].

По мере протекания нереста число самок увеличивается, и в конце нереста в иные годы самки преобладают над самцами. По наблюдениям, соотношение самцов и самок на нерестилищах составляет 5:1 [59].

Самыми последними на нерестилищах появляются старшевозрастные производители рыба, их доля в уловах по самкам составляет 19,1%, а по самцам - 9,7% [177].

В годы, когда отмечается депрессия запасов рыба, на нерестилищах наблюдается относительное увеличение числа самок и уменьшение числа самцов к концу нереста. В годы же увеличения популяции в течение всего периода нереста на нерестилищах преобладают самцы, что объясняется более ранним их созреванием и многократным участием в нересте [59].

До возраста 7 лет в нерестовой части популяции самцы доминируют над самками, в возрасте 8 лет – соотношение 1:1. В старших возрастных группах самки доминируют над самцами в соотношении 3:1 [330]. По нашим данным в 1999-2000 гг. в уловах на нерестилищах старшие по возрасту самки были представлены восьмигодовиками, младшие - пятигодовиками. Доля пятигодовалых самок была 14,2%. Доминировали семигодовалые самки (36,41%). Доля восьмигодовалых была 19,1%. Данные по возрастной структуре нерестового стада (самки) согласуются с приводимыми Р. Вольским (1976), оценившим уловы рыба в р. Неман. В обоих случаях отмечено доминирование пяти-семигодовалых самок. В наших уловах их доля составляла 66,7% [177]. Старшевозрастные самцы были представлены семигодовиками. Младшую группу составляли четырехгодовалые самцы. В уловах доминировали пяти-шестигодовалые самцы (74,3%). Доля четырехгодовалых самцов составила 17,7%. Доля старшевозрастных самцов в среднем была 8% [177]. Средняя масса самок составила $403,4 \pm 23,31$ г, самцов $317,0 \pm 23,75$ г.

При сравнении с данными по рр. Неман и Нярис установлено, что рыба р. Шешупе представлен самками и самцами меньшего размера и массы, чем в р. Неман (табл. 11). Это может быть связано с менее продолжительной нерестовой миграцией и с более ограниченным нерестовым биотопом (длина нерестового участка реки Шешупе 1,5-2 км при общей длине реки до плотины около 50 км), с одной стороны. С другой стороны, ввиду низкой кормности р. Шешупе, молодь рыба растет медленнее и очевидно достигает покатного состояния позже

[339]. В результате, как отмечает Е.В. Алексеева-Потехина (1960) следует ожидать более медленного роста и позднего созревания рыб старшего возраст [6].

В то же время, обращает внимание, что в р. Нярис самки и самцы рыба уступали по массе производителям р. Шешупе. Но самцы из р. Нярис имели более прогонистое тело и средняя длина их была на 1 см больше. Очевидно, и в этом случае на проявление различий в размерно-весовых показателях оказали влияние экологические условия развития рыб, в том числе время нахождения молоди в реке, сроки и характер миграции, возрастная структура нерестовых стад (табл. 11).

Таблица 11 – Размерно-весовая характеристика производителей рыба в разных частях нерестового ареала [58]

Показатели	Средние значения показателей		
	р. Неман (Нямунас)	р. Нярис	р. Шешупе *
самки			
Длина тела, см	29,03	28,38	28,47
Масса тела, г	469,0	331,64	403,4
самцы			
Длина тела, см	26,98	25,99	24,99
Масса тела, г	374,0	256,67	317,00

Примечание: * - наши данные

Оценка степени зрелости гонад по величине гонадосоматического индекса (ГСИ) показала, что у самцов рыба р. Шешупе ГСИ в среднем был равен 5,57%, у самок 6,33%.

Сопоставление полученных данных и литературных [330] показало, что значения ГСИ были близкими. ГСИ рыба из р. Неман во время нереста составлял в среднем 8,7% у самок и 5,7% у самцов. Некоторые различия обусловлены разными сроками проведения морфофизиологического анализа. Судя по данным, материал, использованный в диссертации Р. Репечка (1986), был взят в начале или первой половине нереста, тогда как наши данные относятся ко второй его половине.

Более низкие значения ГСИ у самок в наших исследованиях объясняются различиями в степени зрелости икры в гонадах, что подтверждается высокой вариабельностью этого признака (48,93% и 18,32% для самок и самцов, соответственно) [177]. В пробах кроме самок, отобранных для искусственного воспроизводства, были самки, имевшие в гонадах последнюю порцию икры и закончившие нерест. Самцы в пробах были текучими и имели высокие значения ГСИ, при существенно меньшей, чем у самок вариабельности признака.

В конце нерестового периода средние значения ГСИ по данным проведенного анализа снизились до 3,63% у самок (дряблый яичник, заполненный остаточными резорбирующимися икринками и фолликулами) и 3,36% у самцов (дряблые семенники с остатками спермы).

По результатам наших исследований рабочая плодовитость, определяемая по первой полученной порции икры составляла в среднем около 47,1 тыс.шт. икринок (колебания от 39,0 до 55,2 тыс.шт.), по второй в среднем около 13 тыс.шт. (колебания от 6,5 до 19,5 тыс.шт.). Суммарная средняя рабочая плодовитость составила около 60 тыс. шт., что соответствует средней величине, отмеченной для основных нерестовых стад в бассейне р. Неман [58]. Присутствие в пробах трех различающихся по размеру групп икринок (средний диаметр 1,2; 0,98; 0,62 мм) подтверждает, что исследованиями были охвачены самки первого, второго и третьего нереста.

Размер икринок у самок рыбаца р. Шешупе оказался близким рыбацу, нерестящемуся в р. Неман (соответственно, 1,3; 0,9; 0,6 мм) [58].

Становится очевидным, что сложная структура нерестового стада, формируемая на нерестилищах в результате прохождения трех волн нерестовой миграции (рис. 31) и постоянной ротации самок первого, второго и третьего нереста и охват исследованиями только части нерестового периода не позволили определить фактическую общую для нерестового стада среднюю величину рабочей плодовитости самок. Однако, то что установленная величина средней рабочей плодовитости оказалась около 60 тыс. шт. позволяет говорить о достаточно высоком воспроизводительном потенциале рыбаца р. Шешупе. Объем эякулята у самцов рыбаца в разгар нереста (температура воды 17-19°C) в среднем составил $1,9 \pm 0,02$ мл и к концу снизился до $0,28 \pm 0,09$ мл, хотя у некоторых он оставался (2,6 мл) близким к максимальной величине (3,0-4,6 мл) показателя у первых. Это соответствует, с одной стороны, тому, что самцы рыб в общей своей массе созревают раньше самок и период спермации у них заканчивается позже [58, 330].

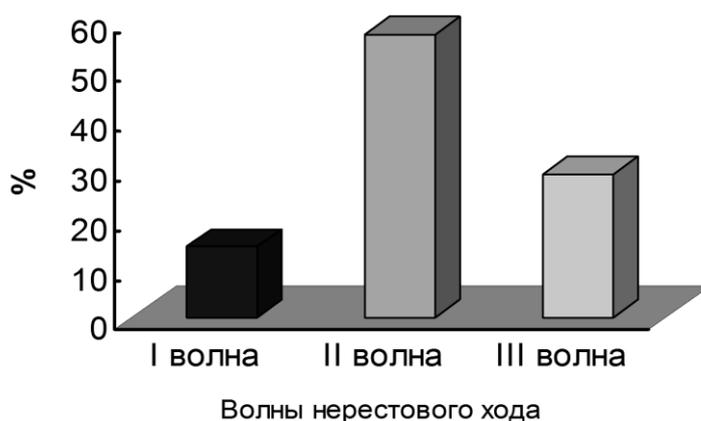


Рисунок 31 - Структура нерестового хода рыбаца в р. Шешупе

С другой стороны, закономерность затухания у них воспроизводительной функции к концу нерестового периода, подтверждают наши и литературные данные (Репечка, 1986; Куропова, 2001), отражающие особенности изменения ГСИ у самцов и самок рыба. Аналогично изменялась концентрация сперматозоидов, которая в разгар нереста составляла $3,05 \pm 0,14$ млн./мл, в конце снизилась до $2,445 \pm 0,18$ млн./мл. Неизменной в течение периода исследований оставалась продолжительность поступательного движения сперматозоидов (30,1 с).

В личиночный период развития у рыба основу питания составляют коловратки, инфузории, мелкие водоросли, науплии копепода, доля которых в рационе составляет около 50%. К концу личиночного развития доля копепода возрастает до 60%, мелких форм кладоцер до 38%. У мальков в питании преобладают личинки насекомых, ластоногие раки и нитчатые водоросли. У сеголетков в рационе до 58% составляют кладоцеры, до 23% хирономиды, от 9 до 87% водоросли. Осенью в рационе начинают преобладать бентосные организмы [339].

Учитывая то, что в р. Шешупе среднесезонная биомасса зоопланктона составляет $0,0032$ г/м³, а максимальная летом достигает $0,026$ г/м³, видовой состав ограничен 9 видами, следует признать, что условия для нагула молоди рыба ограничены [339].

Для сравнения биомасса зоопланктона в Куршском заливе составляет около $4,7$ г/м³, а среднесезонная продукция около $23,5$ г/м³ [121]. В р. Неман зоопланктон представлен 27 видами. Летний зоопланктон преимущественно представлен ветвистоусыми ракообразными. На отдельных участках доминируют коловратки и веслоногие ракообразные. По течению реки зоопланктонные организмы встречаются, в отличие от р. Шешупе, почти равномерно. Но и здесь не достигают высокой численности и биомассы. Максимальная биомасса достигает $0,08$, средняя летняя биомасса $0,03$ г/м³ [339]. Но в отличие от р. Шешупе в р. Неман, благодаря значительно большей потенциальной площади нагула молоди и равномерному распределению зоопланктона, условия для развития и роста личинок и мальков, очевидно, более благоприятные.

Суммарная биомасса зообентоса в р. Шешупе и р. Неман близка по максимальной величине: $28,32$ и $23,30$ г/м², соответственно. Летняя биомасса в р. Шешупе больше: $9,13$ и $1,94$ г/м², соответственно.

В структуре максимальной биомассы в р. Неман доминируют олигохеты ($9,0$ г/м²) и моллюски ($9,9$ г/м²), а доля хирономид не превышает $0,26$ г/м². в р. Шешупе доминируют моллюски ($20,2$ г/м²), существенно выше, чем в р. Неман доля хирономид ($1,04$ г/м²), личинок паденок ($2,2$ г/м²), пиявок ($0,7$ г/м²), ракообразных ($0,6$ г/м²) [339].

В структуре летней биомассы зообентоса в р. Шешупе доминируют моллюски ($7,2$ г/м²). Доля хирономид составляет $0,27$; личинок паденок $0,29$; пиявок $0,07$; ракообразных $0,13$ г/м², что существенно превышает показатели для р. Неман: $1,6$; $0,09$; $0,005$; $0,009$ г/м², соответственно.

К примеру, в Куршском заливе средняя биомасса зообентоса составляет 21,4 г/м², в структуре которой доминируют хирономиды (16,4 г/м²). Продукция зообентосных организмов, достигает 74 г/м² [121]. Эти и ранее приведенные данные дают представление о кормности потенциальных районов нагула молоди рыба в пресноводный период жизни. Отмечая низкую кормность р. Шешупе, в том числе по причине ограниченного ареала нагула личинок и мальков, обеспечивающего их предпочтительными в питании зоопланктонными организмами, следует обратить внимание на дополнительные кормовые ресурсы. Среди них необходимо выделить плавающих личинок хирономид и спат моллюсков, прежде всего, дрейсену и фитопланктон, а также нитчатые водоросли. Очевидно, это лежит в основе установленной численности сеголетков рыба в р. Шешупе в количестве около 2 млн. шт. [398].

Относительно низкая кормность р. Шешупе и р. Неман определяет медленный рост молоди, которая в годовалом возрасте редко достигает массы 1 г и среди покатников доминируют рыбы массой 0,5-0,7 г, скат которых приходится с конца апреля по август, с пиком в летние месяцы [398].

В условиях богатой кормовой базы Куршского залива следует ожидать более высокое раскрытие у рыб ростовой потенции и сокращение сроков пребывания в пресноводной части ареала. При выпуске молоди в указанных местах, придерживаясь положения о сроках закрепления хоминга у молоди проходных и полупроходных рыб [295], вероятно, удастся достичь изменения маршрута нерестовой миграции рыба в части охвата не только литовской, но и российской части Куршского залива. Тем самым вернуться к ситуации, которая омела место до начала 70-х годов прошлого столетия.

Тем не менее, учитывая наличие единственной на территории России нерестовой реки Шешупе и ограничения площади нерестилищ и кормности для нагуливающейся молоди, возможность увеличения численности рыба данной популяции может быть связана с искусственным воспроизводством, в котором важная роль должна отводиться структуризации мест и сроков выпуска подрощенной молоди рыба.

Линь (*Tinca tinca* L.).

Высокие вкусовые качества, лечебные свойства кожи, слизи, мяса, большая востребованность на международном потребительском рынке делают линя экономически выгодным объектом промысла [342]. В Куршском заливе до конца 70-х годов прошлого столетия его годовые уловы достигали 12-15 т [131]. При учете оптовой стоимости такого объема улова в современных ценах, принятых для линя в ЕЭС (4-5 евро/кг), его реализация принесла бы доход в размере около 4-5 млн. руб. Эта сумма соответствует оптовой стоимости 70 т леща, плотвы, чехони, добываемых в Куршском заливе. Поэтому очевидна экономическая целесообразность присутствия

ля в составе объектов промысла. Не менее значима его роль биологического мелиоратора водоемов. Являясь по характеру питания ило-детритофагом, он способствует снижению пресса накопления отмирающей органики на дне водоемов, а развитый адаптационный механизм позволяет ему осваивать наиболее эвтрофицированные участки водоемов, в которые не могут приходить другие рыбы-бентофаги.

В настоящее время линь как объект любительского и спортивного рыболовства сохранился лишь в реках и каналах, имеющих связь с заливом. Численность его популяций стабильна, о чем можно судить по количественному и возрастному составу уловов при проведении нами на р. Немонин в 2004-2008 гг. научно-исследовательских работ и внедрении их результатов в практику искусственного воспроизводства. Очевидно, при организации искусственного воспроизводства линя именно речные его популяции могут стать основой для возврата в число объектов промысла в заливе. То, что в настоящее время пополнение популяции линя в заливе со стороны впадающих в него рек не просматривается, следует связать со стагнацией водных масс в них в летний период из-за не выраженности сгонно-нагонных явлений, которые, как показано для щуки, леща, судака, налима, являются тем стимулом, который определяет направление и сроки миграций личинок и мальков в чашу залива.

Согласно наших наблюдений, массовый нерест линя в р. Немонин начинается в конце первой декады июня и продолжается в течение двух недель. Далее структура нереста становится размытой. Динамика температуры воздуха, опосредованная в температуре воды, в течение всего нерестового периода связана с погодными явлениями. Для р. Немонин установлена связь направления розы ветров, интенсивности прогрева воздуха с уровнем воды и ее температурой. Весной в преднерестовый период при последовательном повышении температуры воздуха с 7 до 23 °С температура воды изменялась от 2,5 до 18 °С. Непосредственно в нерестовый период (третья декада мая – первая половина августа) температура воды колебалась в 2004 г. в диапазоне значений от 15,5 до 25 °С (прилож. 2, рис. 2.1). Особенностью нерестового периода этого года была достаточно низкая температура воды (ниже 20 °С) в течение полутора месяцев. Как известно, оптимальной для нереста является температура воды в диапазоне значений 20 – 25 °С [89]. Для всего нерестового периода была характерна амплитуда колебаний уровня воды 115 см. Если рассмотреть картину изменения уровня воды, то становится очевидным, что большую часть периода с температурой ниже 20 °С преобладали нагонные явления, проявляющиеся в поддержании достаточно высокого уровня воды. В периоды спада отмечено повышение температуры воды более 20 °С. Соответственно динамике рассматриваемых показателей в нерестовый период 2004 г. было установлено три пика подхода производителей к нерестилищам: 10-12.06; 10-11.07; 21-24.07 (прилож. 2, рис. 2.2). Наибольшее количество производителей было выловлено с 10 по 12 июня. При этом соотношение полов было близким 1:1 (48 % самцы и 52 %

самки). Данная структура свойственна большинству карповых рыб в период нереста [44, 45, 164, 485].

Погодные условия 2005 г. отразились на динамике уровня воды и ее температуре иным образом. Большую часть нерестового периода преобладали сгонные явления. Хотя амплитуда колебаний уровня оказалась близкой к установленной в 2004 г. (прилож.2, рис. 2.3). Соответственно, наименьшая температура воды была зафиксирована при пике подъема в начале июня (15,5 °С). Наибольшая температура воды зафиксирована в середине июля (24 °С). Следует учитывать, что разница между температурой воды в открытой части реки и на нерестилищах (мелководья, заросшие водной растительностью) была большую часть нерестового периода 1 – 2 °С (прилож. 2, рис. 2.4).

Максимальное количество производителей, подходящих на нерестилища, отмечали также в июне, но в более продолжительный период (10 – 28 июня). При этом было отмечено четыре пика подхода (прилож. 2, рис. 2.5). Соотношения самцов и самок в течение всего нерестового периода составило 1,5:1.

В 2006 г. в течение нерестового периода преобладали сгонные явления (прилож. 2, рис. 2.6). Большую часть его температура воды была выше 20 °С (прилож. 2, рис. 2.7). Наиболее интенсивный подход производителей был отмечен в период с 12 по 22 июня (прилож. 2., рис. 2.8), когда выделялись два основных пика: 15 – 18 и 20 – 22 июня.

Таким образом, установлена обратная связь уровня воды и ее температуры в нерестовый период. Более благоприятные условия для нереста линия складываются, когда отмечают преобладание сгонных явлений. При этом температура воды, как правило, превышает 20 °С. Соответственно этому, учитывая влияние погодных явлений, наиболее интенсивный подход производителей на нерестилища в средне-многолетнем плане имеет место в период с 10 по 24 июня.

Особенностью подхода линия на нерестилища в течение нерестового периода является достаточно размытая его структура с 2 – 5 основными пиками и большим количеством менее значимых. В основе этого порционный характер созревания половых продуктов и особенности термического режима.

Несмотря на различия в структуре подхода линия на нерестилища в разные годы, реализация полученных новых знаний позволяет планировать заготовку производителей для целей искусственного воспроизводства и обеспечивать выпуск необходимого количества подрощенной молоди в соответствии с установленной приемной емкостью экосистемы Куршского залива.

Способствует этому установленный размерно-возрастной состав производителей, их плодовитость и качество половых продуктов. На примере исследования природных и искусственных популяций рыб показано, что более качественные половые продукты дают средневоз-

растные производители [289, 402]. В практике рыбоводства принято учитывать эту особенность. Поэтому потомство от впервые созревших производителей рекомендуется использовать только для выращивания товарной рыбы. Не целесообразно для селекционных целей [346, 391].

Оценка возрастного состава линя подтвердила, преимущественно, средне-возрастной статус как самцов, так и самок (табл. 12).

Таблица 12 - Сравнительная характеристика возраста производителей линя, выловленных в районе нерестилищ в 2004-2006 годах

Год	Пол рыб	Количество рыб, шт.	Возраст, годы
			$M \pm m$
2004	Самки	51	$4,9 \pm 0,1^3$
	Самцы	55	$4,9 \pm 0,1^1$
2005	Самки	44	$5,8 \pm 0,2^3$
	Самцы	28	$4,6 \pm 0,1^1$
2006	Самки	27	$5,9 \pm 0,2^{2,3}$
	Самцы	27	$5,2 \pm 0,2^1$

¹; ²; ³ различия достоверны при $p < 0,05$; $0,01$; $0,001$, соответственно

Как следует из данных таблицы 12 видимые различия в возрасте производителей в разные годы, тем не менее, проявляются в пределах средневозрастного диапазона (4-7 летки). То, что отмечаемые различия не отражают стабильной тенденции уменьшения или увеличения возраста рыб в исследуемые годы, может говорить о том, что отличия в температурном режиме в разные годы и временных сроках готовности производителей к нересту повлияли на возрастной состав рыб на нерестилищах.

Подтверждают это данные о размерно-возрастном составе самцов и самок. Здесь также отсутствует прямая связь возраста с массой и длиной рыб. Ярким подтверждением этому являются данные о средней массе и длине самок линя в возрасте семигодовиков. Для самок линя подтверждена тенденция увеличения среднего возраста в пределах трех лет исследований. Но размерно-весовые показатели самок показали обратную тенденцию. Средняя масса самцов в 2005 г. была в возрастных группах выше, чем в 2004 и 2006 гг., хотя средний возраст меньше, чем в сравниваемые годы (прилож. 2, табл. 2.2).

Исходя из данных таблицы и оценки источников, дающих характеристику размерно-возрастному составу линя в различных условиях обитания в пределах ареала, можно признать популяцию линя р. Немонин рано созревающей и быстрорастущей [52, 204, 421, 430]. Анализ данных по соотношению полов в нерестовой части популяции линя в разные годы показал, что соотношение самок и самцов составило $1 : 1,2-1,3$. Ранее отмечено, что соотношение полов близкое 1:1 является характерным в период нереста карповых видов рыб.

Таким образом, обобщая сказанное, можно заключить, что популяция лия р. Немонин является сбалансированной по размерно-возрастному и половому составу, что следует рассматривать как подтверждение высокого ее воспроизводительного потенциала.

Но, оценивая воспроизводительный потенциал лия в бассейне р. Немонин только по отмеченным признакам, не правильным будет не учет качества продуцируемых производителями половых продуктов.

Изучение самок лия, отловленных на нерестилищах в начале нерестового периода, позволило установить абсолютную и относительную плодовитость, диаметр икринок, соответствующий обнаруженным трем порциям (табл. 13).

Таблица 13 – Сравнительная характеристика индивидуальной плодовитости самок лия, выловленных в р. Немонин в 2004-2006 гг. (n = 75), M ± m

Показатели	2004	2005	2006
Масса самок, г	802,1 ± 156,8	744,2 ± 122,2	716,7 ± 70,5
АИП, тыс.шт.	119,7 ± 37,2	97,2 ± 28,7	115,8 ± 21,1
ОИП, тыс.шт./кг	134,7 ± 23,7	117,6 ± 15,2	163,3 ± 26,9
Диаметр икринок, мм			
I порция	0,98 ± 0,02	1,04 ± 0,03	0,95 ± 0,05
II порция	0,58 ± 0,04	0,66 ± 0,03	0,65 ± 0,05
III порция	0,29 ± 0,02	0,32 ± 0,02	0,39 ± 0,04

Если оценивать величину абсолютной и относительной плодовитости самок лия р. Немонин со средними размерно-возрастными параметрами (масса от 717 до 802 г) в сравнении с данными разных авторов (значения относительной плодовитости от 36 до 248 тыс. шт/кг), то их можно отнести к средне-плодовитым рыбам (118 – 163 тыс.шт/кг). В то же время, если сравнивать размер (диаметр) икринок в трех порциях с данными разных авторов, исследовавших лия в разных частях ареала, то можно заключить, что он близок к большему, причем во всех порциях [59, 330]. Это дает основание применить в обосновании плодовитости лия р. Немонин положения, выдвинутого Г.М. Персовым (1972). Согласно него, при благоприятных условиях межнерестового нагула самки продуцируют икринки среднего для популяции размера [290]. При этом плодовитость самок стремится к максимальной величине. При ухудшении условий размер икринок увеличивается, а плодовитость уменьшается. В связи с этим, можно признать, что диаметр икринок и величина абсолютной и относительной плодовитости лия р. Немонин отражают, в целом, благоприятные условия межнерестового нагула.

С учетом того, что нашими исследованиями был охвачен весь нерестовый период, то появилась возможность использовать для целей искусственного воспроизводства все порции икры. В связи с этим интерес представляла оценка потенциальной величины рабочей и относи-

тельной рабочей плодовитости. В результате данной оценки появляется возможность установления потребности в производителях для получения необходимого количества молоди линя для выпуска на нагул в Куршский залив. Несмотря на то, что при определении рабочей и относительной плодовитости по каждой порции икры масса самок была разная, тем не менее подтверждена тенденция уменьшения показателей в последующих порциях икры (прилож. 2, табл. 2.3). Если же эти данные соотнести с ранее обсужденными, то суммарно величины этих показателей в абсолютном проявлении и результате сцеживания оказываются близкими, что говорит о том, что в процессе получения зрелых половых продуктов у производителей линя удается максимально реализовать для получения потомства объем зрелой икры в каждой порции.

Самцы линя, как и большинство карповых видов рыб, продуцируют относительно небольшой объем эякулята, величина которого может быть от 0,1 до 2 мл [53, 117, 380]. Это подтверждают наши данные. Большинство исследованных самцов продуцировали менее 1 мл спермы (табл. 14).

Таблица 14 - Сравнительная характеристика самцов линя, выловленных в 2005-2006 годах в районе нерестилищ (n = 50)

Год	Масса, г	Объем эякулята, мл	Время подвижности сперматозоидов, мин	
			в воде	в растворе Войнаровича
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
2005	510,6 ± 17,7	0,43 ± 0,1	1,14 ± 0,1	1,69 ± 0,1 ¹
2006	486,4 ± 28,0	0,37 ± 0,07	1,27 ± 0,07	1,93 ± 0,1 ¹

¹⁻¹различия достоверны при p < 0,001

Однако, несмотря на высокую температуру воды, подвижность сперматозоидов была высокой (1,14 – 1,27 мин), а в оплодотворяющем растворе Войнаровича повышалась на 50 % (1,69 – 1,93 мин). Относительно небольшой объем эякулята компенсировался большим временем подвижности сперматозоидов, что обеспечивало большую вероятность проникновения сперматозоидов в икринки.

Угорь (*Anguilla anguilla* L.).

В Европейской Декларации по угрю причина кризиса популяций угря в пределах ареала рассматривается с нескольких позиций: - пресса рыболовства, когда в первую очередь облавливали более крупных, привлекательных с позиции гастрономической и стоимостной ценности, угрей в период нерестовой миграции. С учетом того, что большая часть мигрирующих самцов меньше установленной промысловой длины, то в уловах доминировали самки [161, 200, 249,

293]. Даже с учетом высокой плодовитости угря (до 3 – 7 млн. икринок), наибольший пресс промысла, приходящийся на них, отразился на общем воспроизводительном потенциале [3, 514, 518]; - необоснованного характера зарыбления водоемов с недостаточной кормностью, большей долей гипоплимниона, имеющих экологические особенности, не соответствовавшие биологическим предпочтениям угря, приводящего к доминированию в популяциях самцов, что также снижало воспроизводительный потенциал вида; - длительной практики зарыбления водоемов стекловидной личинкой угря, существенно снижающей промысловый возврат и, как следствие, пополнение половозрелой части популяции; - пресса антропогенного воздействия на среду обитания, когда зарегулировали традиционные маршруты миграций, сужался нагульный ареал, ограничивался скат половозрелого угря по маршруту нерестовой миграции; - изменения в результате воздействия на среду обитания качественного состава воды, трофности водоемов; - направления значительной части стекловидной личинки на выращивание товарной рыбы и применения технологий, исключающих возможность восполнения естественного воспроизводительного потенциала угря.

Все указанные причины в большей или меньшей степени проявились в условиях Калининградской области Российской Федерации, Белоруссии, а также граничащих с ними Литвы и Польши.

В указанной Европейской Декларации предложены пути решения проблемы [514]. В частности, в ней предлагалось перенацелить использование стекловидного угря на зарыбление водоемов в пределах естественного ареала. Основу зарыбляемого материала должна составлять подрошенная молодь, которая, с одной стороны, обеспечивает большую величину коэффициента промыслового возврата (в 3 – 7 раз по сравнению со стекловидной личинкой), что способствует увеличению численности половозрелой части популяции угря. С другой стороны, ввиду предпочтения в питании бентосными организмами, подрошенная молодь имеет возможность уйти от первого канала заражения новым паразитом-нематодой *Anguillicola crasus* [26, 212-214, 400]. При направлении стекловидной личинки угря на цели товарного выращивания не менее 35 % подрошенной молоди должно выпускаться на пастбищный нагул в естественные водоемы.

Более богатый опыт зарыбления Вислинского залива стекловидным угрем имеется у Польши, которая на протяжении многих десятилетий, вплоть до начала-середины 90-х годов прошлого столетия проводила ежегодные вселения. Это позволяло ей вылавливать в своей зоне залива до 280 т угря, а уловы российских рыбаков в своей части водоема доходили до 140-150 т.

Однако, в отсутствие зарыблений в последующие годы, уловы угря в Вислинском заливе стали сокращаться и в настоящее время составляют в российской части 5 т.

В последние годы Польша возобновила практику зарыбления Вислинского залива подрошенной до 5-10 г молодью угря. Но, при ограниченном объеме (100 тыс.шт.), максималь-

но возможный промвозврат от такого количества молоди составит не более 20 т, что существенно не отразится на промысловом запасе угря [3, 424].

Куршский залив практически (за исключением малых экспериментальных партий молоди угря, выпущенных Литвой) за всю историю промысла на этом крупном рыбохозяйственном водоеме не зарыблялся. Поэтому депрессия в промысле угря в нем стала проявляться уже в 70-е годы прошлого столетия. В настоящее время в российской части залива вылавливают до 1 т. И это при 2-х кратном превышении зеркала залива по сравнению с Вислинским и существующей в Литве практике прерывистого характера лова угря, когда после десяти дней лова устраивают перерыв на такой же период времени. Такая схема применяется в период ската половозрелого угря в мае, августе-сентябре. Следует отметить, что аналогичный режим лова угря или полный отказ от него рекомендуется в упомянутой Декларации и направлен на обеспечение прохода к морскому участку маршрута нерестовой миграции половозрелых рыб в максимально возможном количестве. Результат этого видится в резком увеличении общепопуляционной плодовитости угря, реализуемой на нерестилищах в Саргассовом море, формировании более многочисленных поколений потомства и сохранении статуса угря как экономически значимого объекта промысла.

Еще одним преимуществом использования для зарыбления подрощенной молоди угря является существенное сокращение потребности в стекловидном угре при ориентации на равнозначные величины ожидаемого промвозврата. Об этом упоминалось ранее

Эврибионтность угрей проявляется многопланово. Основным абиотический фактор, направляющий развитие угрей – температура воды [161]. Угорь сохраняет жизнестойкость при температуре воды от 0 до 32°C. Оптимальной же для развития является температура воды 18 – 23°C. При температуре воды ниже 5 – 10°C угорь, как правило, перестает активно питаться и в природе зарывается в ил, где находится весь период зимовки. Правда, отмечены случаи, когда регистрировалась плавательная активность угрей в это время, что связывают с возможными изменениями в гидрохимическом режиме в местах “спячки” и недостаточной упитанностью, особенно молодых угрей, ушедших на зимовку [15]. Весной при повышении температуры воды до 8 – 12°C угорь начинает активно двигаться и питаться. Таким образом, в пределах ареала европейского угря, период благоприятной для роста и развития рыб температуры воды составляет от 90 до 360 суток, но с учётом того, что наиболее массовые популяции в солоноватых и пресных водах представлены в районах, ограниченных координатами 45 – 60° с.ш., продолжительность сезона активного питания угря составляет 170 – 210 сут.

Высокая лабильность угря к содержанию в воде кислорода находит отражение в формировании температурного и газового режимов при выращивании в промышленных условиях.

Отмечено, что в естественных условиях повышение температуры воды выше 20 – 22°C, как правило, коррелируемое со снижением насыщения воды кислородом, сопровождается снижением скорости роста стекловидных и пигментированных угрей [15, 236]. В то же время, признана оптимальной для развития и роста стекловидного и пигментированного угря в промышленных условиях температура 24 – 25°C, но при условии насыщения воды кислородом до 100 и более процентов [519]. Впрочем, это свойственно многим объектам аквакультуры [147, 184, 247].

Высокая эврибионтность прослеживается и в отношении к активной реакции среды (рН), что позволяет угрю заселять, как было отмечено ранее, практически все типы солоноватых и пресноводных водоемов. Предпочтительный диапазон значений рН для угря 6 – 8,5 [15, 79, 159].

Высока степень эвригалинности угря. В природе угри предпочитают обитать в пресных водоемах до момента ската производителей. Но в Адриатическом море в гиперсолёных лагунах они встречаются при солености 48‰. Широко представлены угри в солоноватоводных водоемах, аналогичных по солености Вислинскому, Финскому заливам, где ее значение не превышает 3 – 5‰ [15, 79, 541]. Причем, в названных заливах популяции угря представлены в основном самками. Поэтому утверждение, что угри остающиеся на нагул в прибрежных водах морей, представлены в основном самцами, следует отнести к тем морям, где в прибрежной зоне соленость воды не опускается ниже 9 – 14‰.

Сопоставимая по величине скорость роста угрей при солености 3 – 5‰ в Калининградском и в пресной воде в Куршском заливах, объясняется тем, что в первом ростовая потенция, вероятно, определяется изотонической соленостью или близкой к ней, существенно снижающей траты энергии на осморегуляцию [410], во втором - более обильной и разнообразной кормовой базой. Действительно, если оценить спектр предпочтительных кормовых организмов для угря в Вислинском заливе, то он представлен, прежде всего, полихетами и хирономидами, в отдельные периоды мизидами и лишь незначительно рыбой [193, 412].

В Куршском заливе в кормовом спектре угря присутствуют, прежде всего, хирономиды и рыба. Такой ситуации способствует и то, что биомасса предпочитаемых в питании угря рыб (плотва, окунь, ерш) в десятки и сотни раз больше в Куршском заливе [412]. Как известно, большой темп роста угря отмечен в случаях питания рыбой [514, 518], что подтверждается данными о скорости роста угря в Калининградском (Вислинском) и Куршском заливах [194, 412]. В свое время это послужило причиной установления промысловой длины угря для Калининградского (от 50 см) и Куршского (от 55 см) заливов [194, 410, 412].

Ввиду того, что в последние десятилетия резко сократился заход в солоноватоводные и пресноводные водоемы бассейна Балтийского моря молоди угря, основным мероприятием,

обеспечивающим массовое представительство угря в ихтиофауне этих водоемов, стало зарыбление их стекловидным, входящим и посадочным угрем .

По данным польской стороны промвозврат от вселения стекловидного угря составляет от 3 до 21%, при средней величине 8%. В тоже время, ориентируясь на многочисленные данные, позволяющие оценивать промвозврат при вселении его в различные типы внутренних водоемов, среднюю величину промвозврата следует принимать от 5 до 10% [15, 79, 160, 161, 236, 538]. Поэтому данные польской стороны следует признать объективными.

Установлено, что, чем благоприятней температурный режим в момент вселения стекловидного и пигментированного угря (14 – 20°C), тем скорее происходит переход угря в состояние повышенного роста и подавляется миграционный инстинкт, что обеспечивает оседлость угря [15, 159, 161].

Учитывая особенности формирования популяций угря в пресноводных и солоноватоводных водоемах бассейна Балтийского моря, следует признать, что оптимальным является зарыбление водоемов входящим (3-4 г) или посадочным (15 – 20 г) угрем. Это связано с тем, что естественное пополнение природных популяций в бассейне Балтийского моря связано с вхождением со стороны моря на нагул или зимовку во внутренние водоемы молоди именно таких весовых кондиций в возрасте сеголетков – двухлетков и более старших возрастов [15, 79, 159]. При использовании для зарыбления такой молоди угря промысловый возврат возрастает до 40 – 60% [15, 43, 152, 159].

Помимо отмеченных выше преимуществ вселения в водоемы подрощенных мальков угря следует отметить, что зарыбление таким материалом позволяет на 1-2 года сократить период вступления в промысел и, соответственно, сократить период его завершения, что существенно повышает эффективность освоения промвозврата.

Важным преимуществом является то, что при выращивании молоди проводятся регулярные сортировки на размерные группы, что соответствует наличию в популяциях угря в природе модальных групп, критерием которых является скорость роста. За счет сортировки удается создать равные условия для раскрытия ростовой потенции угря, что находит отражение в сокращении отличий по размеру между крайними группами модального ряда [15, 159, 161, 378].

Существуют внутривидовые особенности роста угрей. Установлено, что самцы европейского угря в первые годы растут быстрее самок и к возрасту 3-5 годовиков достигают предельных размеров 50-51 см и массы 200-250 г и в этом возрасте начинают нерестовую миграцию [15, 159, 161, 194, 412]. В то же время, известно, что на нерест уходят самцы угря в возрасте 2-3 лет, а также при массе от 70 до 150 г. Общим свойством для самцов угря является предельный возраст нахождения их в нагульной части ареала и практически только в замкнутых водоемах встречаются самцы в возрасте старше 5 лет.

Самки, как отмечено, в первые годы растут медленнее самцов и только к возрасту 3-5 лет начинают догонять самцов. В дальнейшем, поскольку самки задерживаются в нагульных водоемах до возраста 15- 20 лет, их рост ускоряется, но его интенсивность резко снижается после возраста 9 – 11 лет. Так, в Вислинском заливе самки угря в промысловых уловах исчезают в возрасте двенадцати лет, в Куршском - одиннадцати лет [412, 415]. В то же время, возраст вступления в промысел у угря в Вислинском заливе – четырехлетки, в Куршском – трехлетки. Период, охватывающий время промвозврата одной генерации в обоих заливах составляет 6 – 8 лет и его можно признать коротким, отражающим высокую эффективность формирования промысловой структуры угря в данных водоемах. В Вислинском заливе в возрасте четырех лет средняя масса угря - 184 г, пяти лет – 229 г, шести лет – 320 г, семи лет – 475 г, восьми лет – 672 г, девяти лет – 905 г, десяти лет – 1168 г, одиннадцати лет – 1350 г [194]. В Куршском, соответственно – 260, 360, 600, 700, 890, 1150, 1570, 1800 г [563].

Таким образом, прослеживается прямая связь между кормностью водоемов и скоростью роста угрей. Европейский угорь, являясь эврибионтной рыбой, проявляет высокую пластичность к условиям водоемов, различающихся по абиотическим и биотическим параметрам. Обеспечение оптимальных условий обитания приводит к раскрытию биологической потенции угря. Это проявляется, прежде всего, в формировании популяций, представленных преимущественно самками, что позволяет рыбам максимально раскрыть ростовую и воспроизводительную потенцию, определяемую величиной плодовитости.

Целесообразность зарыбления пастбищных водоемов подрошенной молодью угря подтверждается расчетами, учитываемыми в таблице (прилож. 2, табл. 2.4, 2.5). Из них следует, что зарыбление Куршского залива стекловидной личинкой угря, закупаемой по цене, установленной Евросоюзом для внешних агентов (Китай и т.д.) после 2007 г. и составляющей не менее 1000 €/кг экономически не целесообразно. Только в варианте зарыбления подрошенной молодью, даже при цене 1000 €/кг, приобретаемой стекловидной личинки, пастбищное выращивание угря становится высокорентабельным. Здесь следует отметить, что не учтено в таблице затрат на подращивание молоди угря связан с крайне незначительной их долей по сравнению со стоимостью стекловидных личинок.

Стерлядь (*Acipenser ruthenus* L.)

Бассейн р. Неман, промежуточным звеном между которой и Балтийским морем является Куршский залив, по мнению разных авторов, следует рассматривать в качестве самой западной границей ареала стерляди [217, 244, 360, 469]. Подтверждением тому данные о поимке отдельных экземпляров в разные годы в разных частях бассейна реки [379, 397].

О возможности достижения положительного эффекта от выпуска стерляди в рыбохозяйственные водоемы говорят данные по бассейнам рр. Западная и Северная Двина, Печора, Волга на всем протяжении, Кама, Обь и Енисей [52, 397]. Более того, построены специализированные рыболовные хозяйства в Можайске, Конакове, Перми, Астрахани, которые полностью или в части хозяйственной деятельности ориентированы на получение потомства от собственных маточных стад стерляди и выпуск молоди в рыбохозяйственные водоемы [48, 406]. Вкусовые качества ее таковы, что только стерлядь рассматривают как основной градиент «царской» ухи [342].

Важным свойством стерляди является способность жить в широком диапазоне температуры воды: от значений близких к нулю до 26 – 29 °С. Оптимальной для роста считают температуру воды 18 – 25 °С [47, 360].

Привлекательность стерляди как объекта пастбищного нагула, а также товарного выращивания, следует рассматривать с позиции достижения кондиций ценного пищевого продукта при массе 300 – 500 г [328]. В дальнейшем по мере увеличения массы и возраста пищевые качества стерляди улучшаются, в том числе с учетом самого раннего среди осетровых созревания и возможности наряду с мясом иметь как пищевой продукт «черную» икру.

Но стерлядь лабильна не только к температуре воды, но и другим лимитирующим и сопутствующим факторам. Она выдерживает, продолжая питаться, снижение содержания кислорода до 4 – 5 мг/л. Способна жить в широком диапазоне рН от 5 до 9, осваивать устьевые солоноватые воды [46, 211].

Ценность стерляди как объекта искусственного воспроизводства, сопряженная с возможностью получения массовых поколений для выпуска в рыбохозяйственные водоемы, просматривается в способности созревания производителей в естественных условиях через 2 года. В условиях регулируемого температурного режима ежегодно. Поэтому основные мощности по искусственному воспроизводству стерляди в настоящее время представлены либо бассейновыми хозяйствами на тёплых водах, либо УЗВ.

Отличительной особенностью стерляди при искусственном воспроизводстве является высокая жизнестойкость на всех этапах рыболовного процесса: от начавших питаться личинок до 3 г молоди более 80 %, от 3 г мальков до 20 г молоди 80 – 90 %, при выращивании более крупной рыбы 90 – 100 % [366]. Однако, если обратиться к нормативной базе процесса искусственного воспроизводства стерляди, применяемой в различных регионах России, то максимальная обоснованная масса выпускаемой в рыбохозяйственные водоемы молоди не превышает 10 г [63]. Этой массе соответствует максимальная величина коэффициента промыслового возврата – 4,6 %. Выпуск более крупной молоди считают не целесообразным ввиду существенного увеличения затрат на ее подращивание. Тем более, что работы по искусственному воспроизвод-

ству ценных видов рыб проводят в рамках государственного заказа со 100 % финансированием из федерального бюджета. Однако, если исходить из большей жизнестойкости выпускаемой молоди большей массы, то появляется возможность, во-первых, сократить сроки освоения промыслового возврата, во-вторых, получить с пастбищного нагула более крупную рыбу, в-третьих, содержать меньшее количество производителей. Именно, на примере стерляди показано преимущество выпуска крупной (до 100 г) молоди в северной солоноватой части Каспийского моря с богатой для нее кормовой базой [46]. Эта молодь быстро адаптировалась к условиям обитания начинала интенсивно питаться.

Оценивая перспективу увеличения и стабилизации численности популяции стерляди, формирования промыслового запаса в бассейне Куршского залива исходили из учета гидрологического и гидробиологического режима не только в чаше залива, но и реках в него впадающих.

Рассматривая чашу залива как нагульный биотоп, можно признать, что условия в нем, по крайней мере, в центральной и северной части, а также значительной части южной, подверженных действию течений, благоприятные для нагула стерляди. Резервы кормовых ресурсов, представленных бентосными организмами, с учетом резкого снижения в последние 30 лет численности угря, линя, существенно рыбца, сохранения на прежнем уровне леща, густеры, плотвы, окуня, существенны, чтобы обеспечить пищевые потребности стерляди. В то же время, следует отметить, что предлагаемое вселение стерляди рассматривается как альтернатива вселению угря, по которому Россия и Литва до настоящего времени не договорились, в плане, совместных действий по восстановлению численности популяции. Без принятия этой программы возвращение угря в разряд объектов промысла не возможно. К тому же, реализация этой программы предлагает завоз на территорию региона стекловидного угря. Для России со стороны ЕЭС существует запрет на его ввоз, поэтому не возможна синхронизация работ по зарыблению Куршского залива угрем.

Поэтому, предлагая стерлядь как объекта пастбищной аквакультуры, исходим из вероятности решения текущих проблем по угрю. Тем не менее, зарыбление Куршского залива и рек в него впадающих молодью стерляди позволит сохранить биоразнообразие рассматриваемых экосистем по данному представителю ихтиофауны.

Ранее отмечалось, что кормность р. Неман существенно уступают Куршскому заливу. Поэтому, рассматривая пищу как привлекающий стимул, следует ожидать концентрации нагуливающейся стерляди в заливе. Реку Неман с притоками следует рассматривать как нагульный и зимовальный биотопы для части популяции и нерестовый биотоп всей половозрелой части популяции.

Ограниченные кормовые ресурсы в нерестовых реках не позволят формировать численные поколения потомства. Поэтому, при формировании промыслового запаса стерляди в Куршском заливе только искусственное ее воспроизводство позволит обеспечить обоснованную численность популяции.

Таким образом, рассматривая биологический статус стерляди в бассейнах Куршского залива и р. Неман, следует рассматривать две цели ее вселения. Одна направлена на достижение промыслового эффекта, получаемого в результате регулярного вселения молоди в чашу залива, другая на формирование воспроизводящейся части популяций.

4 АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Предваряя выпуск молоди рыб на пастбищный нагул, необходимо оценить способность ее адекватно реагировать на меняющиеся условия среды в разных частях водоема. Ранее, давая экологическую характеристику Куршского и Калининградского заливов, было отмечено наличие в них зон (районов), имеющих разную глубину, степень зарастания макрофитами, выраженность течений, степень прогреваемости воды, концентрацию фитопланктонных организмов, соленость и т.д. [33, 121]. Исходя, только из приведенного перечня, можно заключить, что у более взрослой и крупной молоди, ввиду более развитого адаптационного механизма, реализуемого в активном уходе рыб из под пресса негативных факторов, имеется больше шансов сохраниться и приспособиться к условиям осваиваемого биотопа. Это важное дополнение к известному положению о доминирующем влиянии на развитие эмбрионов и личинок рыб наследственности, т.е. качества родителей, а с малькового возраста и далее в более старшем возрасте решающем влиянии внешних факторов [116].

Ввиду сложности и крайней затратности воссоздания условий содержания рыб в искусственных рыбоводных системах аналогичных природным, очевидной представляется оценка влияния на выращиваемую молодь до выпуска ее в пастбищный водоем только основных направляющих и лимитирующих развитие абиотических факторов [416]. Учитывая то, что выращивание молоди ценных видов рыб является технологическим процессом, важной составляющей которого является экономическая эффективность, целесообразной становится также оценка влияния ряда важных биотических факторов (плотность посадки, кормление, биостимуляторы) на рост и жизнестойкость рыб.

4.1 Влияние температуры воды на рост и жизнестойкость молоди рыб

Рыбец

Одним из внешних проявлений адаптационных возможностей выращиваемой молоди являются ее рост и выживаемость. Учитывая известные данные о развитии и росте молоди рыбца в естественных условиях, а также при искусственном воспроизводстве можно признать, что диапазон температуры воды от 18 – 20 °С в начале и до 12 – 15 °С в конце вегетационного сезона, определяет размерно-весовые кондиции молоди от 0,5 до 1,0 г [398]. Вероятность повышения температуры воды летом в прудах, естественных водоемах до 24 – 26 °С при достаточном насыщении воды кислородом (не менее 3 мг/л в ночные и предутренние часы) не лимитирует рост рыб [177, 458, 563].

Поэтому, зафиксированная в исследованиях при выращивании личинок и мальков средняя для периода температура воды 20,8 °С соответствовала тепловому балансу, определяемому суммой градусо-дней около 1600, что обычно для части вегетационного сезона, в пределах июня – августа [467].

В личиночный период развития рыбца выделяли 6 этапов [177]. Наиболее значимым в раскрытии ростовой потенции являлся четвертый этап личиночного развития, когда Км достиг 0,034, на пятом – шестом стабилизировался на уровне 0,013 – 0,015 [175]. То, что на втором – третьем этапах скорость роста была минимальной (0,008 – 0,009) следует связать с переходом исключительно на внешнее питание и увеличением трат энергии на плавание и питание. При одинаковой температуре воды сеголетки, выращиваемые на естественной пище, достигли средней массы 0,7 г, а на комбинированной диете (живая пища, искусственный корм) 0,5 г. Ситуация вполне ожидаемая, учитывая недоместицированность объекта разведения. Но, как известно, кормление молоди рыб, выращиваемой в промышленных объемах на живом корме, не технологично и дорого [72, 143].

Если оценивать величину скорости массонакопления, то следует отметить, что она была на уровне средних (первый, четвертый – шестой этапы) и крайне малых значений, если сравнивать с раскрытием под влиянием температуры воды ростовой потенции у личинок осетровых (стерлядь, русский, сибирский осетры, белуга), лососевых (форель, атлантический лосось), карпа, клариевого и канального сомов [172, 254, 392, 409]. В основе этого, ранее обозначенное отсутствие доместикации и выработки в организме рыбца в поколениях приспособительных механизмов. Это подтверждают данные о росте сеголетков и годовиков рыбца, когда температура воды была в течение семи месяцев 16 – 20 °С (средняя для периода 17,4 °С). Максимальное значение Км не превысило 0,027, минимально 0,009. Столь низкий уровень раскрытия ростовой потенции при относительно высокой для периода выращивания температуры воды можно связать также с проявлением циркадных циклов развития, сохраняющихся у рыб, адаптируемых в первом поколении к искусственным условиям выращивания.

Ускоренный рост личинок на первом этапе сопровождался повышенным отходом (38 %), что можно связать как с наследственными проявлениями, так и действием абиотических и биотических факторов в условиях применяемой биотехники разведения, в том числе на этапе осеменения и инкубации икры. Дальнейшее фиксирование отходов только на втором и третьем этапах (11 и 9 %, соответственно), очевидно, в большей степени обусловлено переходом на внешнее питание и проявлений аномалий в развитии. То, что на четвертом этапе отход снизился до минимума (1,1%), а на пятом – шестом отсутствовал, говорит о том, что личинки рыбца адаптировались к условиям искусственного выращивания.

Линь

Оценивая влияние температуры воды на рост личинок и мальков линя, следует выделить четвертую опытную группу, которую выращивали при 26 °С. Именно, для этой группы показана большая средняя величина коэффициента массонакопления, составившая за 100 суток выращивания 0,033 (рис. 32), а также конечная масса сеголетков (3,1 г). На втором месте по раскрытию ростовой потенции группа молоди, выращиваемая при 24 °С. Коэффициент массонакопления и средняя масса сеголетков 0,028 и 1,9 г, соответственно. Еще меньшая скорость роста и конечная средняя масса были у рыб в группах, выращиваемых при 20 и 22 °С, соответственно, 0,025 и 1,3 г, 0,027 и 1,5 г. Поскольку в личиночный и мальковый периоды развития рыб количество переходных стадий существенно больше, чем в более зрелом возрасте, то с этим можно связать прерывистый характер кривых, отражающих динамику скорости роста рыб.

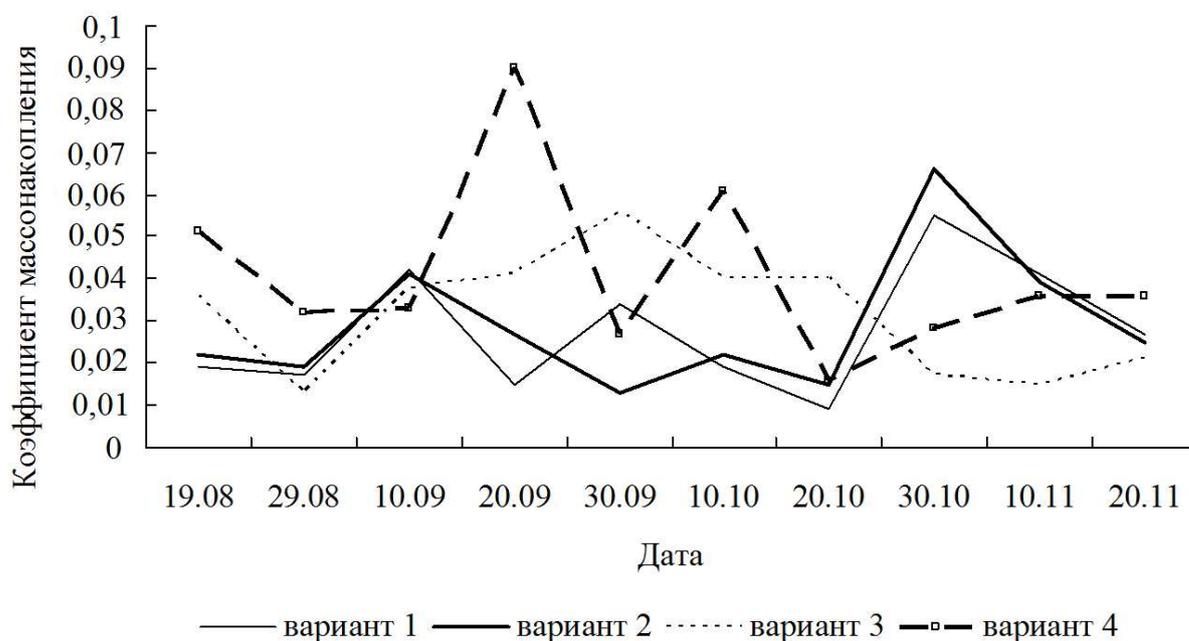


Рисунок 32 – Динамика коэффициента массонакопления молоди линя при различной температуре воды

С наличием переходных стадий связывают качественные изменения в развитии рыб на границах этапов и следующие за этим количественные приращения, измеряемые длиной и массой [89, 459].

Как следует из рисунка 32 особый характер в изменении скорости массонакопления надо отметить в группе рыб, выращиваемых при температуре 24 °С. Он отличается большей плавностью (равномерностью) по сравнению с другими температурными режимами. Возможно, этот режим, несмотря на то, что конечная масса сеголетков была меньше, чем у рыб, выращенных

при 26 °С, более благоприятный с позиции оценки качества молоди. Как известно, более равномерный рост эмбрионов и личинок согласуются с нормальным протеканием органогенеза [303]. Возможно с этим связана более высокая выживаемость молоди за исследуемый период (50 и 46 %, соответственно). В то же время при температуре воды 20 и 22 °С она была сравнимой (50 и 47 %). Суммируя сказанное, следует признать целесообразным при выращивании молоди линия диапазон температуры воды 24 – 26 °С.

Щука

Влияние температуры воды на рост личинок и мальков щуки можно оценить при сравнении данных, полученных в ходе эксперимента с известным сообщением И.П. Шамардиной (1957), исследовавшей молодь щуки в условиях естественной динамики температуры воды (прилож. 3, табл. 3.1, 3.2) [486].

В наших исследованиях общее сокращение времени выращивания молоди щуки в пределах фиксируемых этапов развития составило 20 суток. Причем эффект сокращения продолжительности достигнут на всех этапах. В процентном отношении наибольший на этапах эндогенного питания личинок, завершения смешанного и перехода на экзогенное, завершения адаптации к кормлению искусственным кормом. Временные отметки, соответствующие этим этапам при установленном диапазоне температуры воды (20 – 22 °С), первые 6 суток, с 11 по 14 сутки, с 31 по 60 сутки, соответственно. Эффект ускорения роста, соответственно, на 40 – 60, 43, 29 – 67 %.

В практической плоскости результат ускорения развития и роста необходимо учитывать при выпуске на пастбищный нагул личинок щуки в начале перехода на смешанное питание, поскольку, именно, на этом этапе развития чаще проводят зарыбление водоемов. При этом в литературе, как правило, указывают возраст личинок от 11 до 14 суток [188, 351]. Но, если ориентироваться на сумму градусо-дней (140), учитывая установленную в эксперименте температуру воды (20 °С), фактический возраст личинок, когда их целесообразно выпускать в водоемы, наступил на седьмые сутки с момента вылупления.

Стерлядь

Учитывая перспективу искусственного воспроизводства стерляди в Калининградской области, исследования по влиянию температуры воды на рост и выживаемость рыб проводили в разных рыбоводных системах: лабораторных УЗВ, садках, установленных в водоеме-карьере «Прибрежный», бассейнах инкубационного цеха, расположенного в береговой зоне р. Немонин.

В УЗВ условия выращивания отличались более стабильным температурным режимом. Низкие и высокие значения температуры воды были в диапазоне оптимальных для раскрытия

ростовой потенции у стерляди (17,5 – 22 °С). В садках и бассейнах температура воды изменялась от 12 до 24,5 °С.

Оценивая скорость роста молоди стерляди в различных рыбоводных системах следует отметить, что в первую половину периода исследований (вегетационного сезона), когда отмечали увеличение температуры воды от самых низких до высоких (21 – 22 °С) значений, она была выше в садках. Промежуточное положение по раскрытию ростовой потенции было у молоди стерляди, выращиваемой в бассейнах. То, что в УЗВ скорость роста была ниже, можно связать с влиянием фактора объемного пространства (объем воды в одном бассейне 80 л). Подтверждением тому данные о балансе температуры в этот период. В УЗВ он был максимальный (1885 градусо-дней), в садках и проточных бассейнах существенно меньше (1625 и 1695, соответственно). Наибольший объем пространства был в одном садке (60 м³), меньше в проточном бассейне (0,3 м³).

В первую половину сезона линейная функция весового роста, определяемая величиной относительного среднесуточного прироста (С, %), раскрывалась выше, чем объемная функция весового роста, определяемая величиной общепродукционного коэффициента массонакопления.

Как показано на рисунке 33, в этот период сезона только в УЗВ у молоди стерляди линейный и объемный рост имели сходную динамику. В садках и бассейнах линейный рост преобладал над объемным, что, очевидно, обусловлено особенностями роста рыб в весенний и начало летнего периода. При этом, максимальное значение С = 5,6 % в первую половину апреля и уменьшение его до 2,3 % к концу июня у молоди, выращиваемой в садках, от 4,2 % в первой половине апреля до 1,87 % к середине июня у молоди в бассейнах, согласуются с закономерностью уменьшения величины данного показателя у рыб с возрастом [299, 455].

В динамике К_м до середины мая отмечали сходную картину во всех вариантах. Однако в дальнейшем она сохранилась только в садках и бассейнах. Очевидно, более высокая температура воды в УЗВ привела к стабилизации весового роста, но на самом низком уровне. Причина этого обозначена ранее.

Далее с середины сезона, в условиях благоприятного температурного режима весовой рост у молоди существенно возрастал. Максимальная величина К_м зафиксирована в первую половину августа, как в садках, так и в бассейнах (К_м = 0,1), что соответствует высокому уровню раскрытия ростовой потенции, характерному не только для стерляди, но и других объектов аквакультуры, прошедших продолжительную доместикацию. У молоди в УЗВ максимальная скорость массонакопления отмечена так же в это время (К_м = 0,08). Уменьшение скорости массонакопления к середине сентября в бассейнах и УЗВ (К_м = 0,05) можно связать не только со

снижением температуры воды, но, очевидно, также с проявлением циркадного цикла в развитии рыб, тем более, что УЗВ были размещены в помещении, открытом для дневного света.

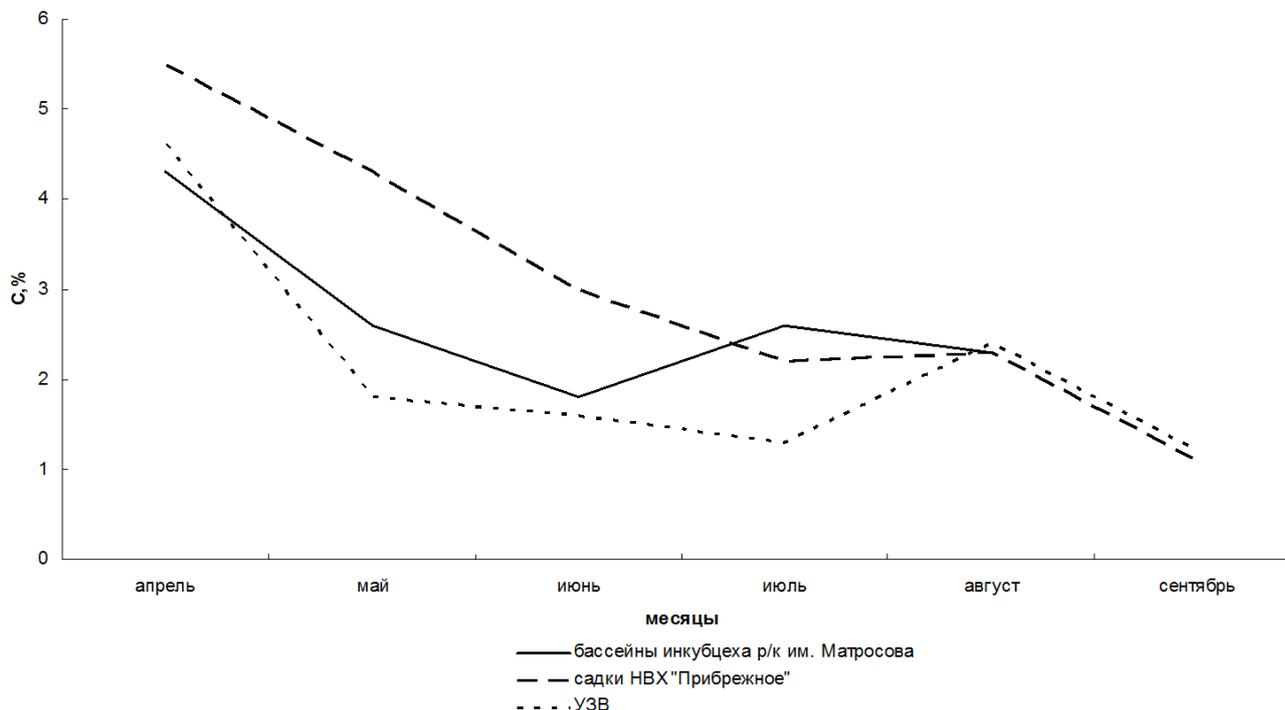


Рисунок 33 - Изменение относительного среднесуточного прироста (С) молоди стерляди в различных рыбоводных системах в 2006 г.

Суммируя результаты исследования, следует отметить, что, несмотря на то, что минимальная сумма градусо-дней за весь период (2035) при выращивании молоди стерляди была в проточных бассейнах, а продолжительность выращивания на 24 суток меньше, чем в садках и УЗВ, средняя скорость массонакопления, определяемая величиной K_m , была наибольшей ($K_m = 0,07$). У молоди в садках 0,061, в УЗВ 0,051. При этом средняя для всего периода температура воды в проточных бассейнах была 18,2 °С, в садках 17,7 °С, в УЗВ 20,5 °С. Очевидно, что на результаты выращивания повлияла не только температура воды, но и объемный фактор, уровень воды, проточность. Однако, признавая решающее влияние на рост рыб температуры, следует признать, что она обеспечила раскрытие ростовой потенции у рыб на достаточно высоком уровне. Средняя масса рыб к концу периода выращивания оказалась в УЗВ 64,8 г, в садках 88,7 г (к середине сентября), в проточных бассейнах 81,3 г (к середине августа).

Температурный режим в период исследований в различных рыбоводных системах, обеспечивших высокую скорость роста молоди стерляди, в совокупности с другими факторами, проявился в выживаемости рыб. Наибольшей, как и скорость роста, она оказалась у рыб в проточных бассейнах (95,8 %). В соответствии с тенденцией в росте, на втором месте в садках (92,9

%), меньшая – в УЗВ (92 %). В то же время, во всех вариантах выживаемость молоди стерляди оказалась выше известных нормативных данных [63, 366].

Угорь

Данные наших исследований, в которых объектом изучения были стекловидные личинки угря в период карантина и молодь до возраста 90 сут, когда значительная часть рыб достигает массы 3 – 5 г, подтверждают расчетный алгоритм роста [31].

Так в варианте выращивания молоди угря при средней температуре воды 23,6 °С (23,2 – 24,0 °С) скорость роста во всех размерных группах оказалась ниже, чем в варианте, когда средняя температура воды была 25 °С (24,5 – 25,3 °С). Подтверждением этому являются не только данные по скорости роста, но и конечной массе рыб в возрасте 90 сут (рис. 34).

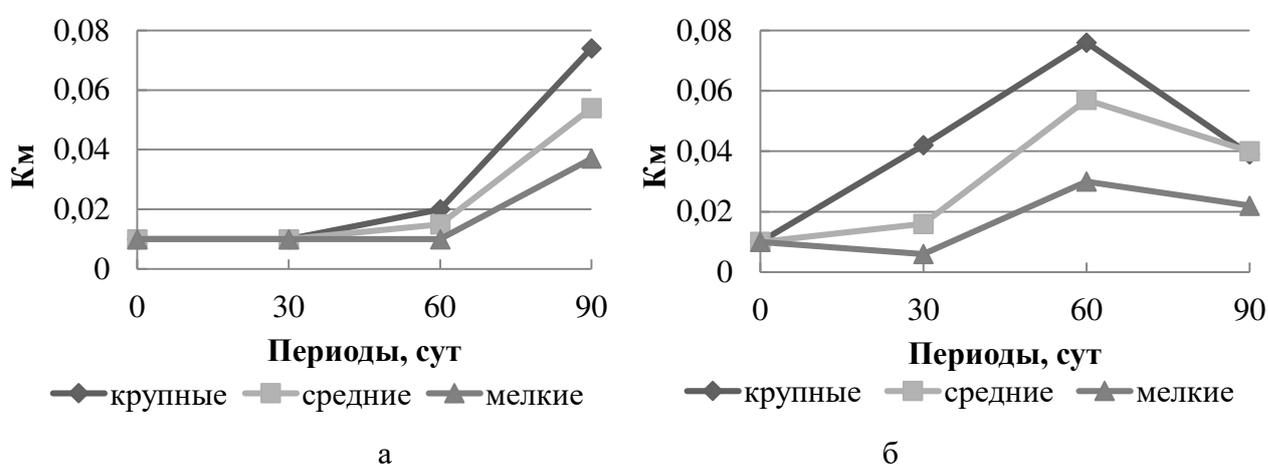


Рисунок 34 – Изменение величины коэффициента массонакопления при средней температуре воды 23,6 °С (а) и 25,0 °С (б)

В первом варианте средняя масса в группе крупной молоди была 5,6 г, средне размерной – 3,2 г, мелкой – 1,85 г. Во втором варианте, соответственно, 9,03 г; 5,9 г; 2,02 г. В первом варианте доля молоди массой менее 3 г составила около 58 %, во втором 38,5 %. Обращает внимание, что определяющим рост молоди и долю отстающих в росте рыб, играет своевременное проведение сортировок. В этом случае максимальную скорость массонакопления молодь показывает во второй месяц выращивания. Задержка на месяц сортировки сдвигает максимум в скорости массонакопления на такой же временной период.

Оценивая выживаемость молоди угря (рис. 35) в обоих опытных вариантах, следует отметить, что она была высокой и превысила рекомендуемых (нормативных) значений [43, 389].

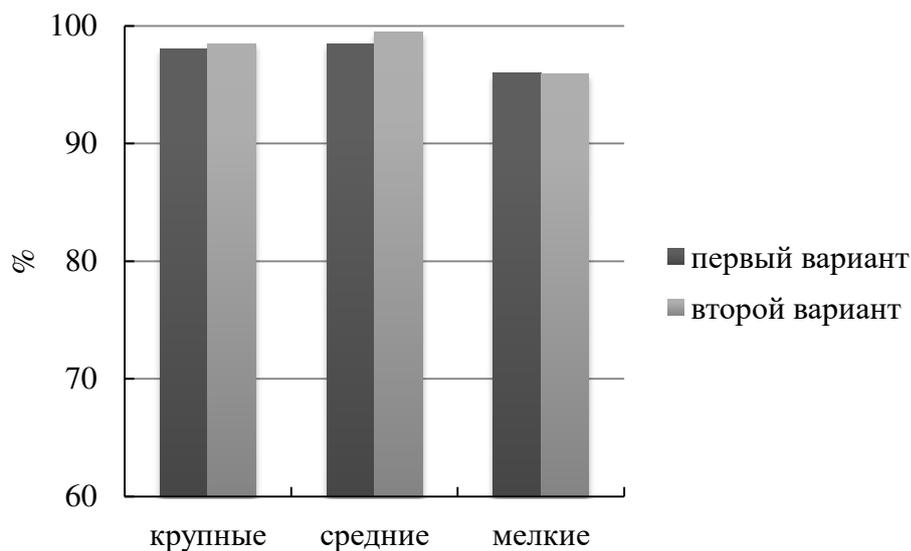


Рисунок 35 – Выживаемость молоди угря

Таким образом, выращивание молоди угря в УЗВ в течение трех месяцев до предполагаемого выпуска на пастбищный нагул, при температуре воды, несколько ниже оптимальной и соответствующей ей, показало выраженное ростостимулирующее влияние последней.

4.2 Влияние плотности посадки на рост и жизнестойкость молоди рыб

Плотность посадки является важным биотехническим фактором, влияющим на рост рыб, эффективность кормления, выживаемость и величину рыбопродуктивности, что подтверждает учет обозначенных параметров в известной формуле [394].

Рыбец

Поэтому, планируя проведение исследований, остановились на трех значениях: 5, 10, 15 тыс. шт./м³. Начальная масса личинок, перешедших на питание искусственным стартовым кормом, была от 4 до 5,5 мг.

Учет скорости массонакопления, в разрезе последовательных десятисуточных этапов, позволил установить, в целом, однонаправленную картину в изменении показателя при обозначенных плотностях посадки. Большая стабильность в сохранении скорости массонакопления в течение более продолжительного периода показана в варианте плотности посадки 5 тыс. шт./м³. При этой плотности посадки достигнута максимальная скорость массонакопления ($K_m = 0,022$ в середине периода и 0,038 в конце). Для вариантов с большей плотностью посадки только к концу двадцатых суток достигнуто значение K_m , несколько большее, чем ранее показано в середине периода (0,025). В результате статистической обработки данных по конечной массе молоди рыба установлены достоверные различия ($p < 0,001$) между вариантами плотности посадки 5 и 15 тыс. шт./м³. Конечная масса молоди составила, соответственно, 118 и 73 мг. При промежу-

точной плотности посадки 92 мг. Выживаемость в группах, последовательно, в градиенте возрастания плотности посадки составила за весь период исследований 69,5 %, 68,7 % и 63,8 %.

С учётом достигнутого размера молоди рыба, можно рекомендовать для выращивания ее в этот период развития плотность посадки от 5 до 10 тыс. шт./м³. Выращивание сеголетков – годовиков рыба в УЗВ при плотности посадки 5 и 10 тыс. шт./м³ позволило установить предпочтение первого варианта, поскольку средняя скорость массонакопления рыб практически в два раза ($K_m = 0,015$ против 0,007) превысила значения во втором. Обращает внимание отличный характер в изменении скорости массонакопления в течение периода, продолжительностью шесть месяцев, чем на этапах выращивания личинок и мальков рыба (прилож. 3, рис. 3.1). В динамике роста молоди, выращиваемой при плотности посадки 5 тыс. шт./м³ выделяет лишь один максимум, когда скорость массонакопления повышалась до 0,027. Достигнутая масса рыб от 1,9 г в варианте плотности посадки 10 тыс. шт./м³ до 5,3 г при плотности посадки 5 тыс. шт./м³. Выживаемость 99,5 % при 5 тыс. шт./м³ и 99 % при 10 тыс. шт./м³).

Таким образом, на протяжении периода, охватывающего личиночные, мальковые этапы, а также возраст сеголетков – годовиков, плотность посадки 5 тыс. шт./м³ позволяет в наибольшей степени разрешиться ростовой потенции рыб на фоне высокой выживаемости.

Угорь

Плотность посадки задавали с учетом того, что в период проведения сортировки она должна соответствовать, быть выше и ниже нормативной: 20, 10 и 7 тыс. шт./м³. Этому соответствовали размеры рыб в группе отсортированной молоди: мелкая, средняя и крупная (рис. 36).

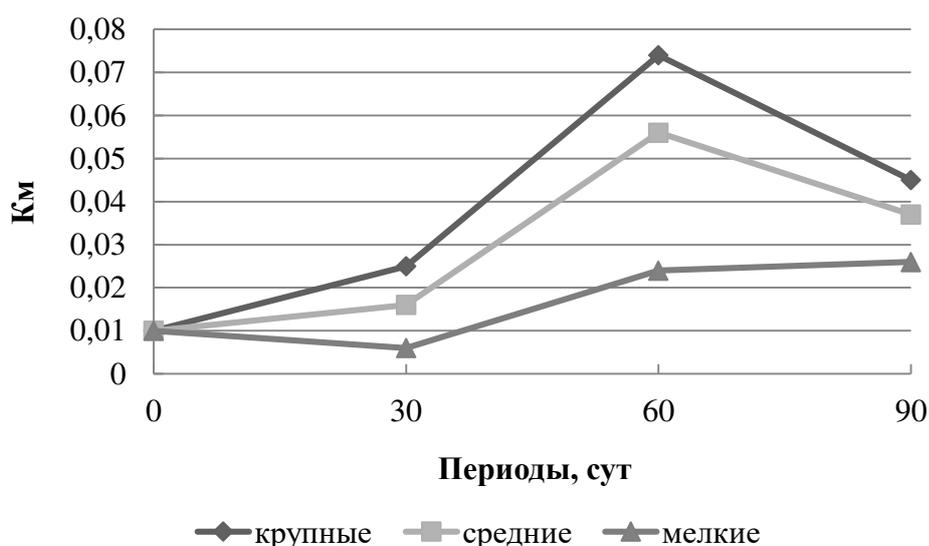


Рисунок 36 – Изменение скорости массонакопления (K_m) молоди угря при разной плотности посадки

Как следует из данных рисунка 36 наибольшая скорость массонакопления молоди угря была при плотности посадки 7 тыс. шт./м³, наименьшая при 20 тыс. шт./м³. Можно признать, что начальные размерные кондиции рыб в сравниваемых группах различались, тем не менее, нагрузка биомассы рыб на объем воды в бассейне оказалась больше в группах крупной и средней молоди (66 и 55 кг/м³). В группе мелкой молоди величина рыбопродукции была меньше (39 кг/м³). Очевидно, реализация ростовой потенции молоди угря в приводимом диапазоне плотностей посадки в большей степени связана с гетерогенностью популяций угря и наличия в каждой генерации нескольких модальных размерных групп.

Таким образом, можно признать, что плотность посадки 7 – 10 тыс. шт./м³ на этапах выращивания молоди угря до выпуска на пастбищный нагул является целесообразной и позволит за три месяца вырастить посадочный материал с рекомендуемой в разных источниках массой от 3 до 10 г.

4.3 Влияние солености на рост и выживаемость молоди рыб

Из ранее обсужденного материала следует, что даже чисто пресноводные рыбы способны адаптироваться к солености в диапазоне значений 0 – 8(10) ‰ [192, 285, 410]. Для них показан ростостимулирующий эффект в градиенте солености от 0 до 5 – 7 ‰. Последние значения соответствуют «критической солености биологических процессов», когда проявляется изоосмотический тип осморегуляции, происходит перераспределение обменной энергии в сторону пластической составляющей [410]. Однако, данные об устойчивости к солености в указанном диапазоне разновозрастной и размерной молоди разных видов рыб неконкретны, что не позволяет учитывать их в биотехническом процессе, тем более на уровне нормативной базы.

Рыбец, являясь полупроходной рыбой, в жизненном цикле которого период жизни в воде соленостью до 18 – 20 ‰ продолжителен, тем не менее, определенный этап, длительность которого в разных частях ареала от 1 до 3 лет, проходит в пресной воде [177].

В качестве примера, подтверждающего целесообразность использования пресной воды, служат данные о росте угря в Калининградском (Вислинском) заливе, где соленость составляет в разных частях акватории 3 – 5 ‰. В Куршском заливе, где соленость в разных частях составляет 0 – 5 ‰, на большей части (не более 80 %) акватории 0 – 0,5 ‰ [31].

В первом массы 400 г угорь достигает за 750 сутки или 13500 градусо-дней. Периоды выращивания ограничены температурой 12 °С весной и осенью. Во втором – за 700 сут или 12600 градусо-дней [31, 563].

Рыбец

Учитывая возможный диапазон солености в разных частях акватории Куршского залива, в исследованиях использовали три варианта солености: 0 ‰, 3,4 ‰ и 5,1 ‰.

Предваряя анализ полученных результатов, следует отметить, что выращивание личинок и мальков при солености 6,8 – 8,1 ‰ показало существенное снижение скорости роста и выживаемости. А летальной оказалась соленость 10,2 ‰ при прямой пересадке личинок и мальков, 10,54 ‰ при постепенной адаптации в течение недели [177].

Анализ результатов выращивания личинок и мальков рыба позволил установить ростостимулирующий эффект солености (прилож. 3, рис. 3.2). Более выражен при 5,1 ‰, чему соответствовала величина коэффициента массонакопления (K_m), которая в среднем за период была 0,014. При 3,4 ‰ скорость роста была несколько ниже ($K_m = 0,012$), но выше чем в пресной воде ($K_m = 0,009$). Конечная масса мальков составила, соответственно, 127, 116 и 53 мг. Различия по массе были достоверны при $p < 0,05$. Существенно большей была выживаемость молоди в солоноватой воде: 73,1 % при 5,1 ‰, 71,6 % при 3,4 ‰, 54,4 % в пресной воде.

Для оценки влияния солености на сеголетков – годовиков рыба была выбрана пограничная, соответствующая верхней границе диапазона критической солености (6,8 ‰). С учетом известных данных о том, что миграцию на пастбищный нагул в море совершают рыбы, достигшие массы более 1 г [58, 330, 397], в исследованиях были использованы две группы молоди рыба средней массой 0,5 и 1,24 г.

Анализ результатов выращивания сеголетков – годовиков рыба показал возможность успешной адаптации молоди массой 1,24 г к воде соленостью 6,8 ‰. По сравнению с пресной водой конечная масса годовиков оказалась на 0,45 г больше (3,4 г). Сеголетки массой 0,5 г сложно адаптировались в солоноватой воде и масса годовиков оказалась в пресной воде больше на 0,35 г (2,18 г). Эти данные могут свидетельствовать о том, что на способность к более быстрому росту сеголетков – годовиков в солоноватой воде влияет не возраст, а физиологическая готовность организма. Об этом говорится в ряде публикаций [89, 177, 188].

Таким образом, при выращивании молоди рыба целесообразно устанавливать соленость 5,1 ‰, в большей степени стимулирующей рост рыб и адаптогенную потенцию. При выращивании сеголетков – годовиков она может быть повышена до 6,8 ‰.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что соленостный режим Куршского залива, даже при чрезмерных нагонах воды со стороны моря, соответствует адаптационным возможностям молоди рыба, находящейся на разных тапах развития.

Линь

Анализ адаптационных возможностей молоди линя в широком диапазоне солености воды (0 – 8 ‰) показал, что пресная вода и имеющая соленость 2 ‰ в большей степени способ-

ствует раскрытию ростовой потенции рыб (рис. 37) [439]. В группах рыб, выращиваемых при большей солености, адаптация потребовала большего времени, а скорость массонакопления в последний месяц оказалась меньше, чем в пресной воде и имеющей соленость 2 ‰. Наименьшая средняя за период скорость массонакопления оказалась при солености 8 ‰ ($K_m = 0,018$). При 4 – 6 ‰ значения K_m были промежуточные (0,0255 и 0,0245, соответственно). Наибольшие при 0 – 2 ‰ (0,0281 и 0,0282, соответственно). Наибольшая выживаемость молоди была при солености 0 и 2 ‰ (50 и 46 %, соответственно), наименьшая при 8 ‰ (26,5 %). При 4 и 6 ‰ выживаемость также была 41 и 33,5 %, соответственно (рис. 38).

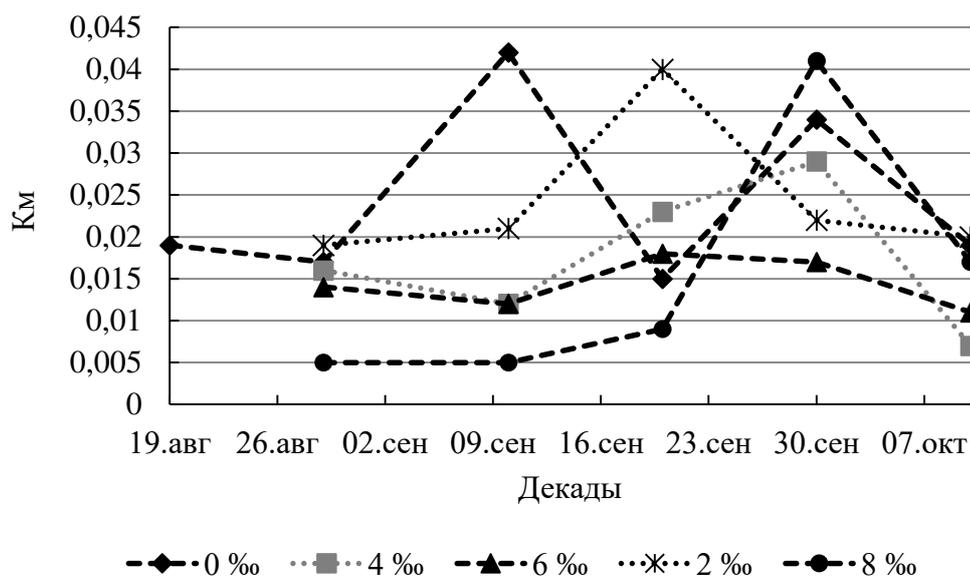


Рисунок 37 – Изменение скорости массонакопления у молоди линя при различной солености

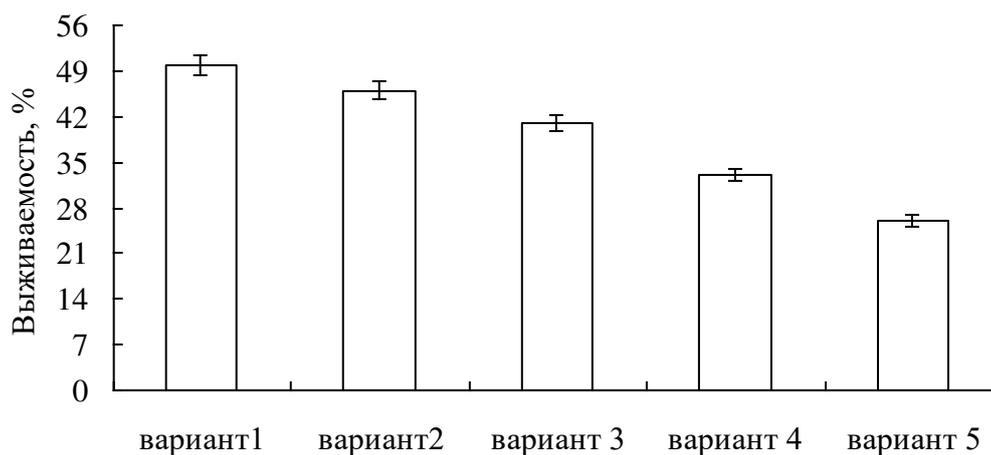


Рисунок 38 – Выживаемость личинок и мальков линя при различной солености

Таким образом, адаптационная способность молоди линя на всех этапах развития в условиях воздействия солености больше выражена в пресной и слабосоленой (2 ‰) воде. Именно

такая соленость присуща большей части акватории Куршского залива даже при сильных нагонах воды со стороны моря.

Щука

Анализ данных по росту личинок и мальков щуки в диапазоне солености от 0 до 8 ‰ позволил выделить ростостимулирующий эффект солености 2 – 4 ‰. При этом средняя величина коэффициента массонакопления составила 0,037 – 0,038. В пресной воде несколько ниже (0,035). Соленость 6 – 8 ‰ действовала угнетающе на молодь. В возрасте 50 сут конечная масса мальков составила 0,26 г, в то время как в пресной воде 0,5 г, при 2 – 4 ‰ – 0,6 г. В возрасте двух месяцев (с момента перехода на смешанное питание) мальки щуки, выращенные в воде соленостью 2 – 4 ‰, достигли массы, близкой к 1 г (0,93 – 0,95 г).

Анализируя данные рис. 39, можно отметить сходную динамику в раскрытии ростовой потенции молоди в условиях всех апробированных режимов солености. Причем, в первые две декады скорость роста личинок была выше в диапазоне солёности 4 – 8 ‰, в дальнейшем преимущество в росте было отмечено для диапазона 0 – 4 ‰, когда величина Км достигла 0,057 – 0,066. Столь высокий уровень раскрытия ростовой потенции можно связать с большим размером личинок и мальков щуки по сравнению с рыбцом, линем, более эффективным обменом веществ.

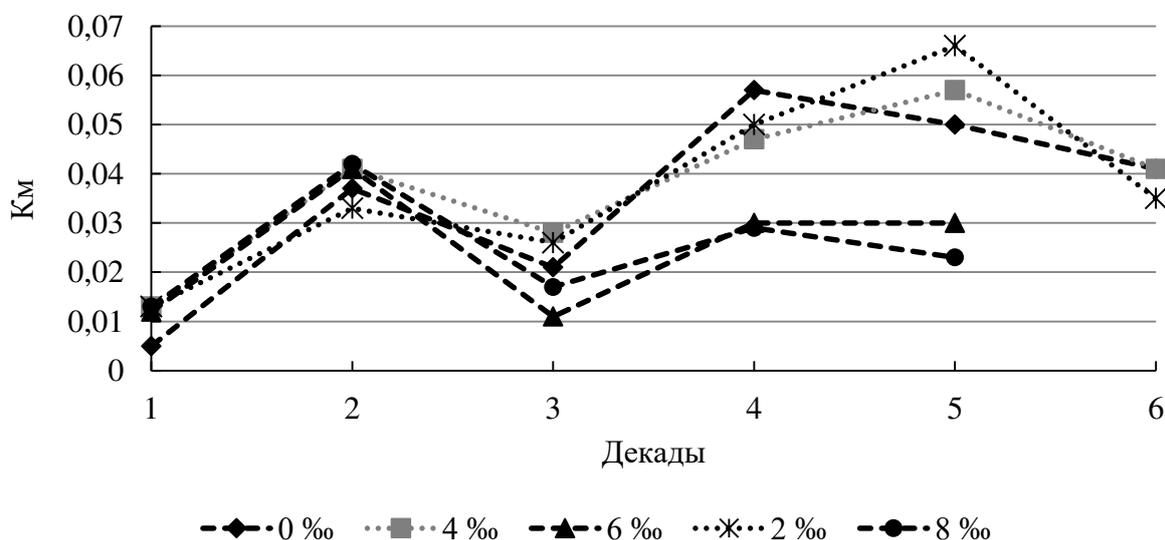


Рисунок 39 – Изменение величины коэффициента массонакопления у молоди щуки при разной солености воды

Существенно большей при 2 – 4 ‰ была выживаемость мальков щуки (60 – 75 %), по сравнению с вариантами солености 6 – 8 ‰ (42 – 48 %). В то же время, жизнестойкость молоди при высокой солености была сравнимой с пресной водой (рис. 40).

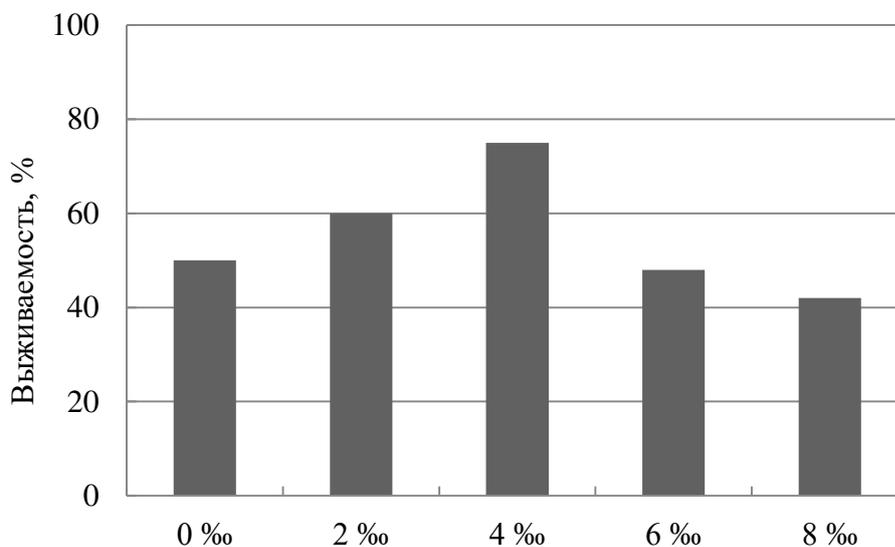


Рисунок 40 – Выживаемость молоди щуки при разной солености воды

Это дает основание говорить о возможности молоди щуки приспосабливаться в условиях максимального нагона воды в Калининградский залив, когда в некоторых частях его, соленость может повышаться до 7 – 8 ‰. То, что при солености больше 6 ‰ установлено угнетение роста молоди щуки согласуется с данными разных исследователей [312, 369, 410, 545].

Таким образом, адаптационная система молоди щуки на личиночных и мальковых этапах развития позволяет ей реализовать ростовую потенцию на высоком уровне в диапазоне солености 2 – 4 ‰, приспособиться к повышению солености воды до 6 – 8 ‰.

Стерлядь

Оценивая отношение молоди стерляди к воде различной солености, исходили, с одной стороны, из данных о ростостимулирующем эффекте солености 0,5 – 5-7 ‰, показанном для пресноводных рыб [190, 192, 291]. С другой, о преимуществе в выборе солености 10 ‰ у молоди проходных осетровых (белуга, осетр, севрюга) при достижении массы 3 – 7 г [295]. Целесообразность учета последнего связана с наличием, например, в структуре популяции стерляди нижней Волги групп рыб, нагуливающих в северном Каспии, где соленость достигает 5 – 7 ‰ [192].

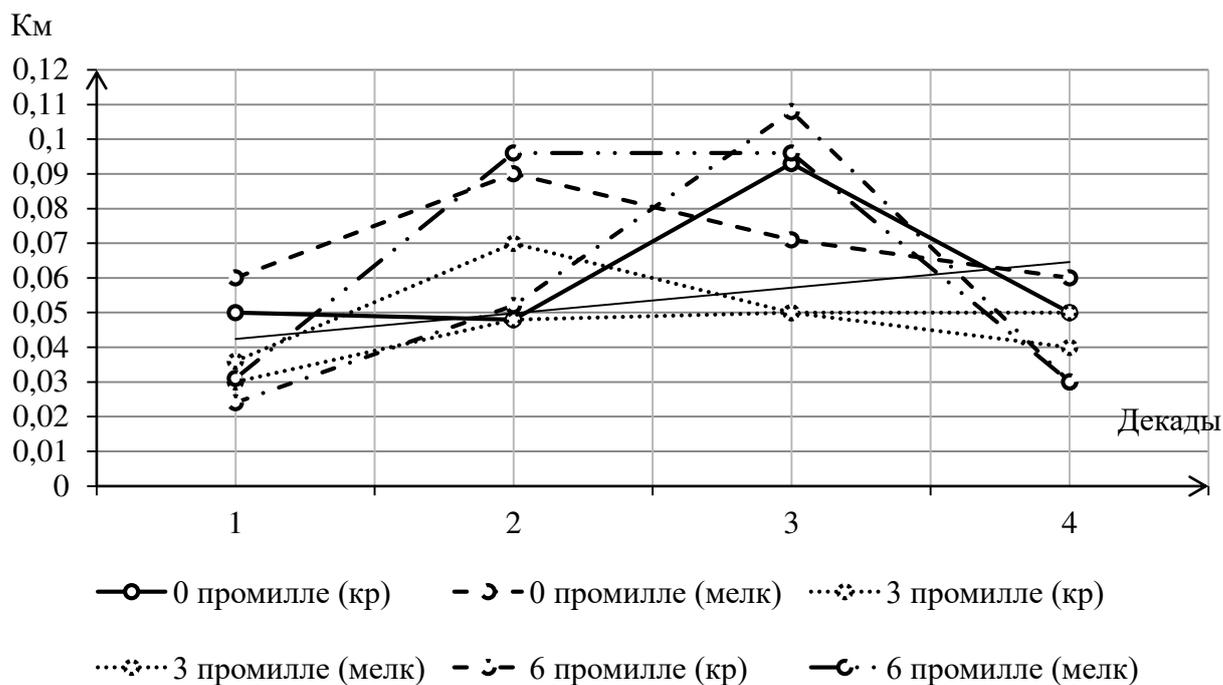


Рисунок 41 - Изменение величины коэффициента массанакпления (K_m) молоди стерляди при разной солености воды

Длительный опыт изучения влияния солености на рост и выживаемость молоди стерляди продолжительностью 210 сут, с одной стороны, подтвердил установленные особенности, с другой, закрепил закономерность выбора солености 3 ‰ в качестве стимула для ускорения роста рыб.

В период выращивания молоди от 1,5 до 7 – 14 г в вариантах пресной воды и солености 6 ‰ отмечали некоторое опережение в росте рыб по сравнению с вариантами солености 3 ‰. В дальнейшем, именно, при таком режиме рост ускорился в большей степени (K_m максимальный 0,165). Конечная масса сеголетков составила $75,6 \pm 11,56$ г. В вариантах пресной воды $64,8 \pm 10,45$ г, солености 6‰ – $65,6 \pm 10,5$ г. Максимальная величина K_m достигала 0,1 и 0,145, соответственно. Среднее значение K_m за весь период выращивания в пресной воде 0,041, при 3 ‰ 0,044, при 6 ‰ 0,041. (прилож. 3, рис. 3.3).

Известно, что при переводе стерляди массой от 3 до 40 г в воду соленостью 12,6 ‰ погибают мальки массой менее 7 г [171], у более крупных, приспособившихся к жизни при такой солености содержание в воде одно- и двухвалентных катионов выше, но соотношение их остается такое же как в пресной воде.

В наших исследованиях соленость воды была меньше, что позволило приспособиться и более мелкой молоди (1,5 – 5 г). Но как показали наши данные, а также упомянутая особенность в реакции на более высокую соленость молоди массой до 7 г, более благоприятной для

реализации ростовой потенции является солёность 3 ‰. В пресной воде и имеющей солёность 6 ‰ скорость роста одинаковая. Выживаемость сеголетков близкая в пресной воде и имеющей солёность 3 ‰ (96,7 и 96,3 %, соответственно). При 6 ‰ существенно ниже и составила 83,3 %.

Таким образом, адаптационный механизм молоди стерляди позволяет приспособиться к солёности в диапазоне значений от 0 до 6 ‰. Ростостимулирующий и адаптогенный эффект в большей степени сбалансирован при солёности 3 ‰.

4.4 Влияние pH на рост и выживаемость молоди рыб

Рыбы в ходе эволюции приспособились обитать в водоемах, отличающихся по величине водородного показателя. Так, щука в процессе освоения нерестового, нагульного и зимовально-го биотопов, оказывается в условиях изменения pH от 5 до 9, радужная форель от 5,5 до 8,5, осетровые от 6 до 9, сомовые от 5,5 до 9 [52, 188, 211, 240, 371, 392].

Как правило, молодь рыб нормально развивается в узком диапазоне pH (7 – 8), мальки и сеголетки переносят pH 6,5 – 8,5. Рыбы более старшего возраста приспособлены к жизни при pH от 6 до 9. Но для каждого вида рыб свойственно индивидуальное отношение к диапазону pH [145].

Линь

В связи с выпуском молоди линя в бассейн Куршского залива, где в течение года фиксируют значения pH от 6 до 9, проведена оценка влияния ее на личинок и мальков линя.

Как следует из данных рисунка 42, во всех вариантах pH была отмечена сходная картина в динамике показателя роста. При этом наибольшая скорость массонакопления была отмечена у молоди, масса которой приблизилась к 100 мг и превысила ее. Максимальные значения Км достигал во всех вариантах в диапазоне 0,04 – 0,045. Минимальные 0,008 – 0,011. Кроме варианта с pH = 7,0, когда минимальное значение показателя составило 0,019. Именно при pH = 7,0 отмечена более стабильная динамика в росте личинок и мальков. Как результат наибольшей оказалась масса сеголетков (1,4 г). При pH=5 – 0,58 г, pH=6 – 0,7 г, pH=8 – 0,55 г, pH=9 – 0,52 г. Соответственно этому, средняя скорость массонакопления (Км) за сто суточный период выращивания составила 0,026, 0,019, 0,02, 0,018, 0,017.

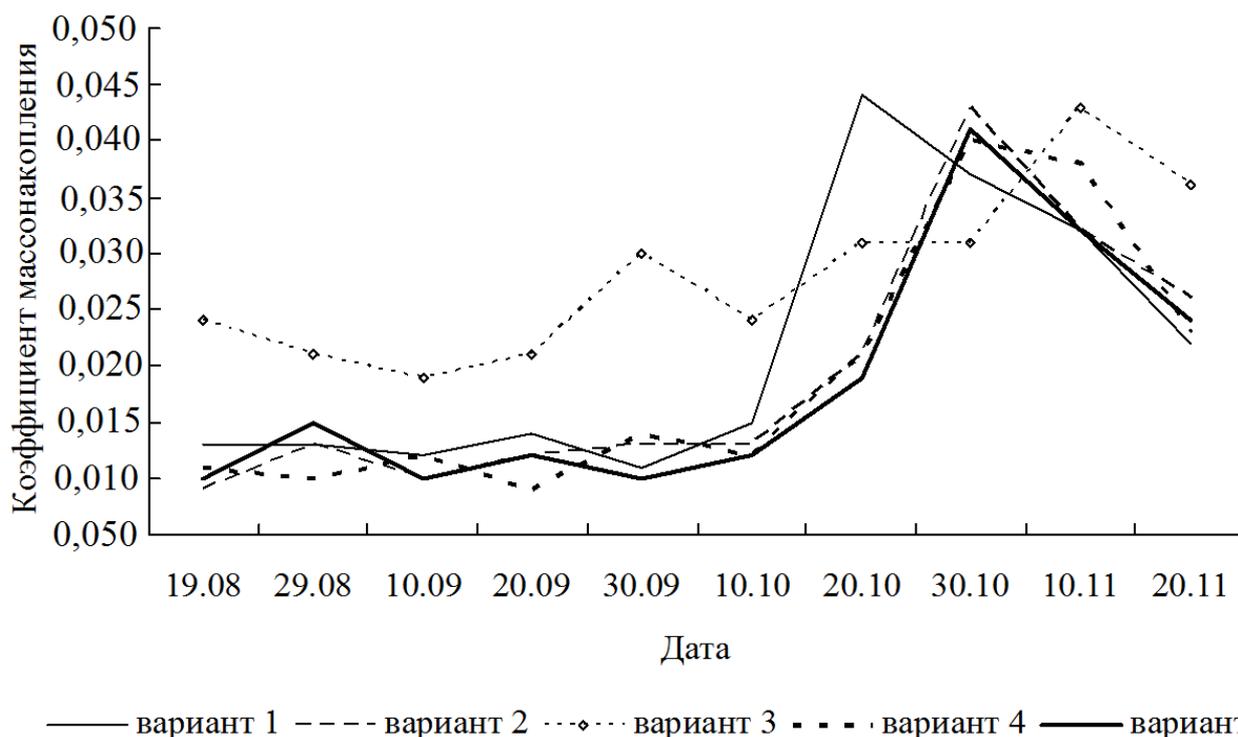


Рисунок 42 – Изменения коэффициента массонакопления личинок и мальков линя при различных рН воды

Достоверность различий по конечной массе молоди линя между контрольным (рН=6, соответствует р. Немонин) и другими вариантами подтверждена при $p < 0,001$. Наибольшая выживаемость молоди оказалась также при рН=7 (56 %), несколько меньше при рН=6 (52 %). У молоди, выращиваемой при рН=8 – 9, выживаемость была ниже, проявилась на уровне близких значений – 38 – 40 %. Самая низкая выживаемость (14 %) была при рН=5. Таким образом, сопоставляя данные по росту и выживаемости молоди линя в условиях поддержания рН воды от 6 до 9, можно выделить интервал значений 6 – 7, когда более высокой скорости роста, достигнутой массе, соответствовала большая выживаемость.

С учетом данной ранее гидрологической характеристики пастбищного водоема, условия для роста и развития в нем молоди линя соответствуют уровню приспособляемости рыб.

Щука

Анализ данных, представленных на рисунке 43, позволяет оценить поступательный характер роста личинок и мальков щуки при всех значениях рН. Наибольшая скорость роста была достигнута в последние две декады выращивания, когда масса мальков достигла и превысила 300 мг. Следует отметить синхронность в достижении высоких значений показателя скорости массонакопления: $K_m = 0,059$ при рН=6 и 8, $K_m = 0,06$ при рН=4,5, $K_m = 0,066$ при рН=5,5. В то же время меньшая средняя за период скорость массонакопления молоди была 0,035 (K_m) при

pH=4,5 и 8. Большая (0,037) при pH=5,5-6. Следует отметить, что именно такую pH в марте – апреле фиксируют в р. Немонин в период размножения щуки.

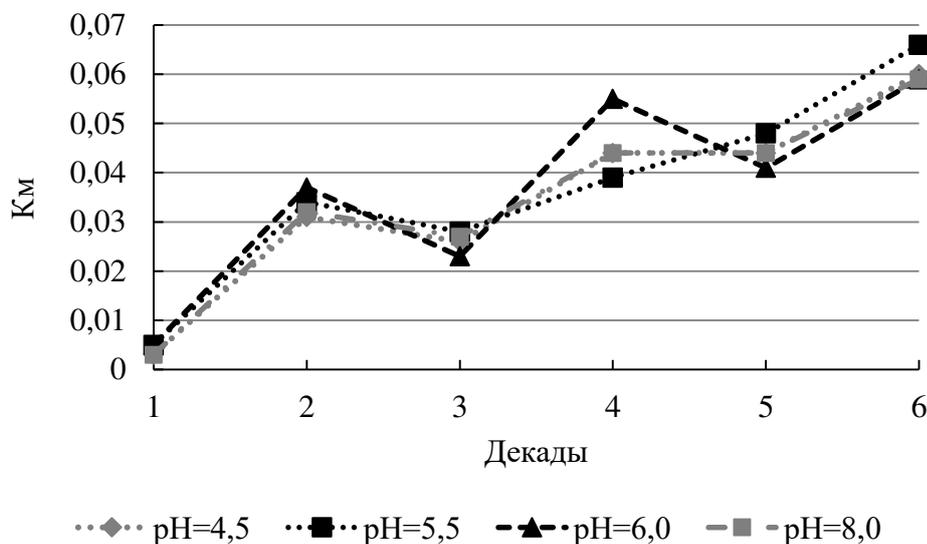


Рисунок 43 – Изменение коэффициента массонакопления личинок и мальков щуки при различных pH (КГТУ)

Наибольшая выживаемость оказалась при pH=8 (50 %), наименьшая при pH=4,5 (25 %). Промежуточные значения 35 и 40 % соответствовали pH=6,0 и 5,5.

В целом, учитывая сроки выпуска неподрощенной (апрель – май) и подрощенной (июнь) молоди щуки на пастбищный нагул, величина водородного показателя (6 – 8) позволяет молоди приспособиться к условиям водоемов.

Стерлядь

С учетом возможных сроков выпуска молоди стерляди на пастбищный нагул в Куршский залив в опытах были заданы значения pH от нейтрального (7,0) до щелочных (8,0 – 9,0). Как показывают данные рисунка 44 картина в изменении значений показателя скорости массонакопления (Км) была сходной при всех рассматриваемых значениях pH.

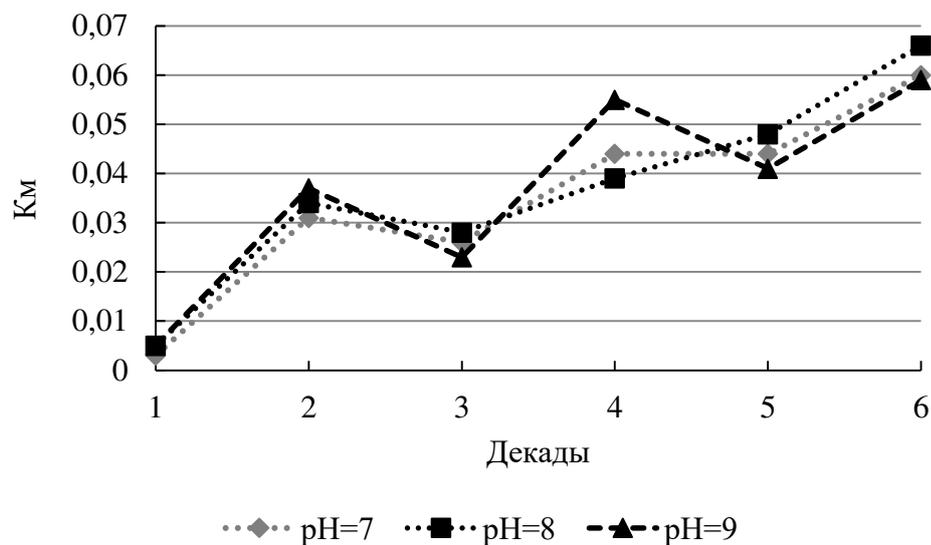


Рисунок 44 – Изменение коэффициента массонакопления (K_m) молоди стерляди при различной величине рН

Наибольшая скорость массонакопления ($K_m = 0,104$) за весь период выращивания была достигнута при рН=7, промежуточное значение ($K_m=0,091$) при рН=8 и $K_m=0,088$ при рН=9.

Равнозначность раскрытия ростовой потенции у молоди стерляди при рН=7 – 9 подтверждается выживаемостью рыб (прилож. 3, рис. 3.4). При рН=7 она составила 88 %, при рН=8 – 87 %, при рН=9 – 86 %.

Таким образом, высокие значения рН в летне-осенний период в Куршском заливе не будут ограничивать жизнеспособность и рост молоди стерляди, выпускаемой на нагул.

5 ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС РЫБ, ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

5.1. Морфофизиологические особенности производителей рыб

Как показано на примере оценки морфометрических (пластических) признаков у производителей щуки, которые были исследованы в разное время и в разных участках нерестового биотопа, имеются определенные различия в относительной величине большинства показателей как у самок, так и самцов. Причем проявление полового диморфизма выражено по большому числу показателей у рыб в начале маршрута нерестовой миграции, в меньшей в районах, приближенных к нерестилищам. Половой диморфизм по пластическим экстерьерным признакам подтвержден также для линя и рыбца, данные по которым получены у рыб, находившихся непосредственно на нерестилищах [34, 35, 89, 177, 188].

Очевидно, что для каждой конкретной популяции, не только в пределах внутривидовых, но и межвидовых группировок, в соответствии с различиями в условиях обитания, характере питания свойственны различия не только по экстерьерным, но и интерьерным показателям. Среди них в качестве критериев оценки чаще выделяют индексы сердца, печени и селезенки.

Индекс сердца.

Поскольку «работу» сердца связывают с двигательной активностью, функционированием всех жизненных систем организма рыб, то правомерно рассматривать прямую связь между массой органа и тела [40, 98, 99]. Однако эта связь часто многовекторная. При этом, обращает внимание стабильно большая величина индекса сердца у мальков, что можно рассматривать как генетически заложенную функцию, связанную с более интенсивным питанием молоди [489]. Из практики аквакультуры известно, что суточные дозы кормления, зафиксированные в кормовых таблицах, достигают максимальной величины во вторую половину личиночного и мальковый периоды развития. Далее величина суточной дозы начинает постепенно снижаться, более существенно в возрасте сеголетков, даже если их выращивание проводят при благоприятном температурном режиме. Еще больше снижается суточная доза кормления у рыб более старшего возраста, когда она достигает 0,3 – 0,5 % от массы тела. В личиночно-мальковый период у разных видов рыб суточная составляет 25 – 40 % от их массы [366, 488].

По завершении этого периода жизни установлена тенденция изменения величины индекса сердца в сторону его снижения. Однако, чаще это не стабильная связь. На примере изучения рыб в природных условиях показано наличие двух разнонаправленных в части проявления величины индекса сердца периодов. Первый, начиная с возраста сеголетков до достижения состояния среднего возраста (пяти – восьмилетки), когда индекс сердца снижается до минимальных

значений. Второй, в последующие годы, когда величина индекса сердца, часто, постепенно возрастает [216].

Анализ большого статистического материала позволяет говорить о больших значениях индекса сердца у рыб со средней скоростью роста, меньших у рыб, отстающих в росте. Очевидно, что большая величина индекса сердца означает напряженный энергетический баланс у рыб. Подтверждением этому являются результаты анализа величины индекса сердца у рыб с различной скоростью плавания. Так у малоподвижных она чаще находится в диапазоне 0,15 – 0,5 %, у средних пловцов – 0,6-0,7 %, у хороших пловцов – 1 % и более [216, 371].

Половые различия по величине индекса сердца у рыб обусловлены специфическими проявлениями в физиологии самцов и самок. Так у самцов большинства рыб более интенсивный обмен веществ способствует ускоренному росту и, как следствие, более раннему созреванию по сравнению с самками [141, 143, 392]. Поэтому в практике аквакультуры получило развитие выращивание рыб, у которых период интенсивного роста более продолжительный. Из этого можно заключить, что индекс сердца у самцов должен быть большим, чем у самок. Это подтверждается в большинстве случаев [39, 373]. Однако, есть примеры, когда индекс сердца у самок больше, чем у самцов (лосось) [363].

В межнерестовый период половые различия в величине индекса сердца у рыб, как правило, мало выражены. В то же время, в преднерестовый и нерестовый периоды проявляются наиболее резко [341, 354]. В основе этого особенности перераспределения обменной энергии в организме рыб и различия в дефинитивных размерах яичников и семенников.

Установлена четкая связь индекса сердца с условиями (местами) обитания. В большей степени это проявляется у рыб, относящихся к различным экологическим группам. Причем эти отличия больше, чем межпопуляционные в пределах вида [379].

Большую величину индекса сердца у рыб-жертв, чем у хищников объясняют эволюционно выработанной способностью первых к длительному мышечному напряжению. Большая величина индекса сердца свойственна рыбам, совершающим длительные кормовые миграции [434, 495].

Таким образом, проводя оценку величины индекса сердца у малоподвижного линя, неподвижного рыбца и хищника – щуки, можно получить информацию об условиях их обитания, скорости роста и половых различиях.

Индекс печени.

Размер печени у рыб может меняться с возрастом, сезоном года, определяться образом жизни и режимом кормления. Изменения величины индекса печени более выражены у молоди. При этом прослеживается влияние сезонного фактора. Индекс печени достигает наибольшего значения осенью в результате накопления в печени гликогена и жира [69, 318, 379].

У половозрелых рыб изменение индекса печени в сезонном аспекте менее выражено, чем у не половозрелых [99, 126]. В то же время можно говорить о четкой сезонной периодичности в изменении величины индекса печени. Увеличение индекса к началу зимнего или преднерестового периода обусловлено отложением в печени запасных питательных веществ. При этом накопление гликогена происходит при снижении температуры воды до определенных значений. Уменьшение при повышении температуры воды у одних рыб (налим, треска, ерш), когда печень является жировым депо, у других (лещ, карп, судак и др.) нет [318].

Как правило, индекс печени у самок больше, чем у самцов, что может говорить о наличии полового диморфизма по этому показателю.

Индекс печени достигает максимальной величины перед размножением и резко снижается к концу нерестового периода [318, 374, 379].

Высокие значения индекса печени у самок обусловлены созданием в организме энергетических резервов, согласующихся с дефинитивным размером яичников, количеством заключенных в них яйцеклеток.

Таким образом, оценивая величину индекса печени исследуемых рыб, можно получить информацию об условиях их обитания и кормления, возрастных и половых различиях.

Индекс селезенки.

Одна из главных функций селезенки связана с депонированием крови. Поэтому этот орган в большей степени реагирует на условия обитания. При дефиците кислорода, усилении питания, подвижности, в результате выброса крови в кровяное русло размер селезенки уменьшается. В то же время, при стабильных условиях обитания (содержания) рыб индекс селезенки может рассматриваться как интерьерный признак. В связи с этим можно отметить, что с возрастом индекс селезенки у рыб, как правило, уменьшается [8].

Можно также отметить наличие полового диморфизма по этому показателю у некоторых рыб, когда индекс селезенки у самцов больше, чем у самок (ряпушка, налим, щука, плотва). Но могут быть обратные превышения величины индекса у других рыб [37, 318].

Имеются различия в величине индекса у рыб с разным характером питания. Так у растительноядных рыб, ило-детритофагов (белый амур, белый толстолобик, красноперка, линь, караси и др.) величина индекса селезенки может превышать 2 – 3 %. У хищников (щука, судак и др.) как правило, в диапазоне 1 – 1,3 %. Самый низкий показатель отмечают у сиговых (пелядь, ряпушка), салаки (0,5 – 0,6 %) [156, 361, 362, 537]. Возможно, это связано с характером питания на значительных глубинах в условиях напряженного кислородного режима.

Таким образом, оценивая величину индекса селезенки, можно получить информацию об условиях обитания и питания рыб.

Гонадосоматический индекс.

Имеется прямая связь между абсолютной и относительной величиной яичников и семенников в период с начала трофоплазматического роста половых клеток до достижения гонадами дефинитивного размера в нерестовый период [44, 485].

Очевидным представляется, что наиболее быстрое увеличение массы гонад, соответственно этому величины гонадосоматического индекса, происходит у рыб умеренных широт в осенний период на фоне охлаждения воды [164, 202]. У рыб тропических широт в условиях аквакультурных хозяйств, на примере клариевого сома показано, что после периода увеличения массы яичников наступает длительный период стабилизации, когда величина гонадосоматического индекса остается постоянной. Поэтому допустимым в практике аквакультуры считается использовать производителей клариевого сома в воспроизводительном цикле от одного раза в 1,5 – 2 месяца до одного раза в 6 – 12 месяцев. Учитывая то, что сперму у самцов получают, извлекая семенники хирургическим путем, то приведенное относится, прежде всего, к самкам. Именно способность созреть, когда гонадосоматический индекс достигает максимальной величины, многократно в течение года, определяет возможность технологической схемы получения потомства и выращивания товарной рыбы [272, 273, 278, 297, 407, 443, 450, 451]. Наиболее показательными в этом плане объектами являются клариевый сом и тилапии [119, 120].

Для самок разных видов рыб показана тенденция увеличения гонадосоматического индекса с возрастом. У самцов данная тенденция, как правило, не подтверждается. У порционно-нерестующих рыб (линь, рыбец, шемая, укля, золотой и серебряный караси) гонадосоматический индекс, определяемый в начале нерестового периода, наибольший (5 – 9 %). Ко второму нересту снижается до 3 – 4 %, к третьему до 2 – 3 % [164, 188].

У единовременно нерестующих самок гонадосоматический индекс, во всем широком видовом представительстве, может быть от 5-6 до 15 – 20 %. Для большинства видов рыб показан половой диморфизм. Так, у порционно-нерестующих рыб величина индекса у самцов, как правило, не превышает 6 % (рыбец), но может быть менее 1 % (линь). У единовременно-нерестующих средняя величина гонадосоматического индекса самцов может быть 6 – 10 % в начале нерестового периода и снижаться до 3 – 6 % в конце [89, 93, 177, 188].

Уменьшение величины гонадосоматического индекса к концу нерестового периода связывают с порционностью формирования эякулятов и реализации семенного материала [177, 330]. Однако, есть виды (сельдевые, камбаловые), у которых половой диморфизм по величине индекса отсутствует или выражен слабо.

Условия обитания, питания в межнерестовый период определяют величину гонадосоматического индекса. Ухудшение условий, дефицит пищи проявляются, как правило, в снижении показателя.

Снижение величины гонадосоматического индекса у старшевозрастных рыб связывают с затуханием воспроизводительной функции [290, 318, 379].

Таким образом, оценивая величину гонадосоматического индекса, можно получить информацию об условиях обитания, питания, половом диморфизме, очередности выметывания половых продуктов.

5.1.1 Рыбец

Представленные на рисунке 4.1 (прилож. 4) данные об изменении индексов сердца, печени, селезенки, гонад у рыбца р. Шешупе позволяют говорить о наличии определенной тенденции: более стабильная динамика, выраженная в снижении величины индексов в течение периода наблюдений, показана для самцов. Так величина индекса сердца у них уменьшилась с 0,31 до 0,25 %, печени с 1,35 до 1,05 %, селезенки с 0,18 до 0,14 %, гонадосоматического с 5,57 до 3,36 %. У самок данная тенденция подтверждена для индексов печени и гонад (1,49 и 0,99 %, 6,33 и 3,63 %, соответственно). В то же время индекс сердца увеличился с 0,18 до 0,25 %, селезенки с 0,16 до 0,22 %.

Однако, зафиксированные изменения в величине индексов ни по одному показателю, кроме гонадо-соматического, достоверно не подтвердились как во временном аспекте, так и при сравнии их у самцов и самок. Это позволяет говорить, во-первых, об отсутствии полового диморфизма по исследованным органам у производителей рыбца в нерестовый период. Во-вторых, о сложной размерно-возрастной структуре нерестовой части популяции рыбца р. Шешупе и пространственной ротации производителей на нерестилищах, что свойственно порционно-нерестующим рыбам [177, 330, 563]. В частности, это проявляется в одновременном присутствии на нерестилищах рыб с разными порциями икры. Так, в начале периода наблюдений вариабельность индекса сердца у самок была 9,27 %, у самцов 29,27 %. В конце у самок возросла до 39,79 %, у самцов несколько снизилась (25,86 %). Очевидно, что в первом случае на нерестилищах присутствовали самки, отличающиеся большей однородностью по размерно-возрастному составу и физиологическому состоянию. В конце периода, соответствующего завершающему этапу нереста, разнообразие у рыб по приведенным характеристикам было выше. То, что у самцов вариабельность индекса сердца была высокой в течение периода наблюдений согласуется с пространственно-временном участием их в нересте.

Оценивая величину индекса сердца самцов и самок рыбца р. Шешупе, следует отметить, что она соответствует ранее приведенному диапазону значений для малоподвижных рыб (0,15 – 0,5 %). Вероятно, в основе установленных значений индекса проявление пониженной двигательной активности рыб при длительном нахождении в пресноводной части ареала и функциональных перестройках в организме. В то же время, величина индекса сердца рыбца р. Шешупе

больше, чем у рыбака р. Неман (0,145 – 0,207 %) [58-60]. Вероятно, это связано с расположением нерестилищ последнего на большем расстоянии от начальной точки нерестового маршрута и сроками его прохождения.

Стабильная динамика в изменении индекса печени у самцов и самок в течение периода наблюдений согласуется, с одной стороны, с функциональной активностью органа, реализующего запас накопленных питательных веществ, а также синтезирующего новые в период созревания половых продуктов и нереста. При этом важную роль играет женский половой гормон, обуславливающий увеличение индекса печени на этапах развития яйцеклеток и уменьшения его в нерестовый период [39]. С другой, с меньшей величиной индекса у самцов в начале и конце периода наблюдений, обусловленной, в том числе, существенно меньшей их пищевой активностью, поскольку они в течение нерестового периода большую часть времени находятся на нерестилищах. Самки же после очередного нереста в течение 7 – 15 сут нагуливаются прежде, чем вернуться на нерестилища [58, 316]. Подтверждением отмеченного является вариабельность индекса у самцов и самок. У самцов она близка в начале (19,69 %) и конце (16,64 %) периода наблюдений и подтверждает сходную функциональную активность органа. Большая вариабельность индекса у самок (32,47 и 37,89 %) позволяет говорить о ротации на нерестилищах самок с разной очередностью вымета порций икры.

В динамике индекса селезенки у самцов и самок р. Шешупе отмечена разнонаправленность в проявлении от начала к концу периода наблюдений. У самцов индекс селезенки уменьшился на 0,04, у самок увеличился на 0,06 %. Вероятно, снижение индекса у самцов связано с большей функциональной активностью в нерестовый период, в том числе на завершающем этапе, когда начинается резорбция в семенниках. У самок возрастание величины индекса можно связать с более стабильным обменом веществ в условиях регулярного питания в периоды между последующими выметами половых клеток. Обращает внимание низкая вариабельность индекса селезенки у самцов и самок (6,35 и 5,23 %, соответственно) в начале периода наблюдений. В основе этого может быть стабильность условий обитания рыбака в нерестовой реке и близкое физиологическое состояние рыб в районе нерестилищ. В конце периода наблюдений вариабельность индекса селезенки возросла как у самок (43,73 %), так и у самцов (19,2 %). В основе этого видится присутствие в нерестовом стаде рыб, в различной степени реализовавших в предыдущий период репродуктивный потенциал. Как и по величине индекса сердца, показано превышение значений индекса селезенки у рыбака р. Шешупе по сравнению с рыбаком р. Неман (0,14 – 0,22 против 0,099 – 0,114) [58, 59]. Это может служить подтверждением различий в экологии нереста рыбака в разных частях нерестового биотопа.

Рыбака, с учетом размера икринок, ориентируясь на величину гонадосоматического индекса, можно отнести к среднеплодовитым рыбам [230, 492]. В соответствии с данными разных ав-

торов величина гонадосоматического индекса у самок, относящихся к этой группе, составляет от 5,5 до 9 % [136, 210, 492]. Наши данные подтверждают это, поскольку, учитывая то, что начало наблюдений было ближе к середине периода нереста рыба в р. Шешупе, величина гонадосоматического индекса составила у самок 6,33 %, к концу периода наблюдений снизилась до 3,63 % , у самцов с 5,57 и 3,37%. Сравнимые данные по величине гонадосоматического индекса дает Р. Репечка (1986). У рыба р. Неман средняя величина индекса у самок 8,7 %, у самцов 5,7 %. Вариабельность показателя в начале наблюдений оказалась ниже у самцов (18,32 %), что можно рассматривать как большая их однородность по физиологическому состоянию и готовности к нересту. У самок вариабельность индекса оказалась существенно выше (60,07 %). Причиной этого можно рассматривать нахождение на нерестилищах одновременно самок, различающихся по количеству порций икры, подтверждающее их ротацию.

К концу периода наблюдений вариабельность индекса у самцов несколько увеличилась (27,32 %), у самок уменьшилась (48,93 %). В основе этого видится присутствие на нерестилищах самок и самцов, в разной степени реализовавших репродуктивный потенциал.

Таким образом, несмотря на отсутствие достоверных различий в величине индексов сердца, печени, селезенки у самцов и самок рыба, имеются определенные тенденции в их изменении в течение нерестового периода.

5.1.2 Щука

Рассматривая динамику индексов внутренних органов самцов и самок щуки одного возраста в начале и конце нерестового хода в заливе и реке Немонин, следует отметить сходную тенденцию снижения их значений (прилож. 4, рис. 4.2, 4.3).

Достоверность снижения индексов сердца, печени, селезенки и гонад подтверждена при $p < 0,01-0,001$ (табл. 15). Вариабельность показателя была выше у самок в заливе, что можно связать с ролью этой части нерестового биотопа, где концентрируются особи с разной степенью зрелости гонад и откуда постепенно мигрируют в сторону нерестилищ, расположенных на разных участках реки Немонин на разном расстоянии от устья [188].

Таблица 15 – Морфофизиологическая характеристика четырехгодовалых самок щуки, выловленных в р. Немонин и в заливе в начале нерестового хода (n=50)

Признак	Самки из реки		Самки из залива	
	M±m	CV	M±m	CV
Индекс сердца	0,21±0,02	47,6	0,27±0,03	61,1
Индекс печени	5,70±0,50	43,8	8,52±0,68	39,9
Индекс селезенки	0,25±0,01	24,0	0,36±0,02	27,7
Гонадосоматический индекс	8,50±0,31	18,6	6,84±0,29	8,8

Для самцов подтверждено достоверное различие в величине индекса сердца в начале нерестового хода (табл. 16).

Таблица 16 – Морфофизиологическая характеристика четырёхгодовалых самцов щуки, выловленных в р. Немонин и в заливе в начале нерестового хода (n=50)

Признак	Самцы из реки		Самцы из залива	
	M±m	CV	M±m	CV
Индекс сердца	0,25±0,03	60,0	0,26±0,02	48,1
Индекс печени	5,68±0,69	60,7	6,95±0,79	56,8
Индекс селезенки	0,25±0,04	80,0	0,30±0,03	63,3
Гонадосоматический индекс	7,55±0,96	63,5	4,5±0,18	20,5

При сравнении данных предыдущих таблиц можно заключить, что большая активность самцов, неоднократно участвующих в нересте, проявилась в большем снижении индекса сердца, чем у самок.

Половой диморфизм по индексу сердца показан для леща, окуня, налима и некоторых других рыб [361, 363]. Этими авторами зафиксировано наличие полового диморфизма для щуки, без уточнения периода наблюдений и конкретизации возраста рыб. По нашим данным половой диморфизм по индексу сердца достоверно подтвержден только в условиях нахождения рыб в реке в начале нерестового хода.

Большая величина индекса печени у самок и самцов щуки в заливе в начале и конце нерестового хода обусловлена большей функциональной активностью печени в начале маршрута миграции, когда рыбы продолжают питаться [39, 166, 340]. В ходе миграции в сторону нерестилищ щука не питается, продолжается процесс созревания половых клеток, как следствие расходуются запасные питательные вещества, что закономерно отражается на снижении индекса печени. То, что индекс печени больше у самок со всей очевидностью связан с функциональной активностью женского гормона «оовителлина», приводящего к увеличению массы и индекса печени у рыб [34, 177]. При наличии видимых тенденциях в изменении индекса печени у производителей щуки во временном аспекте, а также у самцов и самок в начале и конце нерестовой миграции половой диморфизм по данному признаку не подтвердился.

При наличии сходной с другими индексами тенденцией в изменении индекса селезенки в течение нерестового периода следует отметить, что у рыб в заливе в конце нерестового хода отмечено достоверное различие в величине показателя у самцов и самок. В остальное время и на разных участках нерестового маршрута половой диморфизм по индексу селезенки у щуки не установлен.

Такая же особенность, связанная с наличием достоверных различий в величине гонадосоматического индекса у самцов и самок щуки, проявляется в конце нерестового периода у рыб в

заливе. В остальное время и на разных участках нерестового маршрута половой диморфизм по гонадосоматическому индексу не подтвержден.

Таким образом, в течение нерестового периода у щуки р. Немонин динамике индексов внутренних органов свойственна однонаправленность, проявляемая в снижении их значений и подтверждаемая достоверно. В то же время половой диморфизм по индексам сердца, печени, селезенки и гонад, за исключением некоторых периодов, достоверно не подтвердился.

5.1.3 Линь

Ранее отмечено, что у половозрелых рыб изменения в величине индекса печени выражены слабее, чем у молоди [89]. Это подтверждают наши данные, позволяющие оценить динамику индекса у трех- семигодовалых производителей (табл. 17).

Таблица 17 – Сравнительная характеристика индекса печени самок и самцов линя р. Немонин

Возраст	Самки		Самцы	
	$M \pm m$	CV	$M \pm m$	CV
3	$1,9 \pm 0,2$	26,1	$1,9 \pm 0,3$	44,5
4	$1,9 \pm 0,2$	46,1	$1,9 \pm 0,1$	30,9
5	$1,8 \pm 0,1$	33,6	$1,6 \pm 0,1$	40,1
6	$1,6 \pm 0,1$	51,1	$1,6 \pm 0,1$	26,1
7	$1,7 \pm 0,2^1$	42,1	$1,1 \pm 0,2^1$	33,1

¹ различия достоверны при $p < 0,05$

Анализ результатов исследования показал отсутствие достоверных различий в величине индекса печени во всех возрастных группах, как у самцов, так и самок. Можно говорить о наличии тенденции в изменении индекса в сторону снижения с возрастом у самок и самцов. То, что в возрасте семи годовиков у самок зафиксировано некоторое увеличение, а у самцов уменьшение индекса следует связать с малочисленностью этой возрастной группы рыб в уловах. Очевидно, это может быть причиной установленного полового диморфизма по индексу печени для данной возрастной группы. В то же время нельзя исключать, что у зафиксированных в уловах семигодовалых самцов уменьшение индекса печени связано со снижением функциональной активности органа и затуханием воспроизводительной функции.

Существенно большие различия в величине показаны для гонадосоматического индекса у самцов и самок (прилож. 4, рис. 4.5). Половой диморфизм по данному показателю подтвержден для всех возрастных групп при $p < 0,05-0,001$ (табл. 18). Для самок показана тенденция увеличения индекса с возрастом. Наименьшая величина у трехгодовалых самок ($4,4 \pm 1,2$ %), наибольшая у семигодовалых ($7,0 \pm 0,9$ %). У самцов в изменении величины гонадосоматического индекса такая тенденция не установлена. Можно предположить, что уменьшение индекса почти в

два раза у семигодовалых самцов связано с затуханием воспроизводительной функции. Это дает основание для отбора для целей искусственного воспроизводства самцов меньшего возраста.

Таблица 18 – Сравнительная характеристика гонадосоматического индекса самок и самцов линя р. Немонин

Возраст	Самки		Самцы	
	М ± m	CV	М ± m	CV
3	4,4 ± 1,2 ¹	57,4	0,7 ± 0,1 ¹	47,1
4	4,7 ± 0,5 ²	49,1	0,8 ± 0,1 ²	43,6
5	5,8 ± 0,5 ²	56,9	0,7 ± 0,0 ²	38,1
6	5,9 ± 0,4 ²	39,8	0,8 ± 0,1 ²	27,8
7	7,0 ± 0,9 ²	48,1	0,4 ± 0,1 ²	61,4

¹ ¹,² ²; различия достоверны при $p < 0,05$; $0,001$; соответственно

Установленные тенденции в изменении индексов печени и гонад у самок линя с возрастом подтверждаются при анализе их величины у рыб в течение нерестового периода (прилож. 4, рис. 4.5).

Наибольшая величина гонадосоматического индекса у самок, в яичниках которых находятся три порции яйцеклеток, составила $6,4 \pm 0,5$ %. У самок с двумя порциями яйцеклеток $3,8 \pm 0,3$ %, с последней порцией $2,8 \pm 0,2$. При этом достоверность различий по данному показателю подтвердилась при $p < 0,01-0,001$.

Достоверность различий по индексу печени ($p < 0,05$) подтвердилась только между самками с тремя и последней порциями икры.

Таким образом, установленный морфофизиологический статус производителей рыба, щуки и линя, реализующих воспроизводительный потенциал в пределах фиксируемых нерестовых биотопов, отражает видовые и популяционные особенности рыб, фиксируемые во временном и пространственном аспекте, которые могут служить маркером половой структуры нерестового стада и функциональных изменений на организменном уровне

5.2 Гематологическая характеристика производителей рыб

Рыбец

Подтверждением тому, что исследования охватывали промежуток времени, приходящийся на середину – конец нерестового периода, служат данные о концентрации гемоглобина и эритроцитов в крови самцов и самок рыба. В то же время, они подтверждают влияние пола, активности рыб, экологических условий, в которых находились рыбы во время взятия проб крови на исследование.

В начале исследований средняя концентрация гемоглобина у самок была $52,74 \pm 6,29$ г·л⁻¹, у самцов $62,49 \pm 6,28$ г·л⁻¹ (прилож. 4, табл. 4.1). Несмотря на видимое отличие в концентрации гемоглобина оно оказалось недостоверным. В то же время оно отражает тенденцию, когда в виду более интенсивного обмена веществ у самцов содержание гемоглобина больше, чем у самок. Аналогичная связь прослеживается в концентрации эритроцитов. Она была больше у самцов ($1,602 \pm 0,19$ Т·л⁻¹), чем у самок ($1,28 \pm 0,06$ Т·л⁻¹), но не подтвержденная достоверно.

Примером, подтверждающим физиологическое состояние производителей рыба во время взятия проб крови на исследование, служат данные по самкам рыба р. Неман в начале нерестового периода. Концентрация гемоглобина у них составляла в среднем $109,9$ г·л⁻¹, концентрация эритроцитов $1,489$ Т·л⁻¹ [56]. В конце периода исследований средняя концентрация гемоглобина у самок снизилась до $31,02 \pm 6,85$ г·л⁻¹. Установленная тенденция соответствует снижению репродуктивной функции и возрастанию интенсивности процесса резорбции. По данным Л.В. Баденко (1964) критическое значение концентрации гемоглобина, при которой наблюдается резорбция икры рыба, составляет $32,53$ г·л⁻¹ [20]. У самцов рыба р. Шешупе концентрация гемоглобина снизилась до $35,16 \pm 6,859$ г·л⁻¹. По этому показателю различия у самцов и самок подтвердились достоверно ($p < 0,01$). К концу нерестового периода концентрация эритроцитов у самок снизилась на 52 % и составила $0,61 \pm 0,07$ Т·л⁻¹. У самцов на 60 % и составила $0,625 \pm 0,07$ Т·л⁻¹. Но различия в величине показателя у самцов и самок оказались не достоверными.

В нашем случае погрешности в величину концентрации гемоглобина и эритроцитов, приводимые к отсутствию полового диморфизма у рыб в исследуемый период, очевидно, внесло присутствие в пробах самок и самцов, в разной степени реализовавших репродуктивный потенциал, что характерно для порционнно-нерестующих рыб.

Таким образом, анализ гематологических показателей у производителей рыба р. Шешупе позволил установить концентрационные параметры гемоглобина и эритроцитов в крови рыб в разные периоды нахождения их в районе нерестилищ. Отмечена тенденция превышения концентраций гемоглобина и эритроцитов в крови самцов, но не подтверждаемая достоверно, что, вероятно, является следствием особой структуры нерестовой части популяции порционнно-нерестующего объекта. Установленные значения концентрационных показателей в конце исследований можно диагностировать в качестве сигнальных, обозначающих окончание нерестового периода.

Щука.

Для производителей щуки р. Немонин показана сходная тенденция в изменении концентрации гемоглобина и эритроцитов, ранее описанная для производителей рыба. Отличие в ве-

личине показателей. С одной стороны, это связано с тем, что исследованиями охвачен весь нерестовый период. С другой, в более высоких значениях концентрации гемоглобина и эритроцитов в конце нерестового периода (табл. 19).

В то же время, в начале нерестового периода, концентрация гемоглобина у самок щуки была меньше ($80,96 \pm 4,60 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$), а у самцов близкая ($104,36 \pm 3,68 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) к приведенным ранее данным по самкам неманского рыбака ($109,9 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$).

Таблица 19 – Характеристика периферической крови самок и самцов щуки в начале нерестового хода в р. Немонин (n=10)

Пол	Концентрация гемоглобина, г/л		Концентрация эритроцитов, млн/мкл	
	M±m	CV	M±m	CV
Начало нерестового хода				
Самки	80,96±4,60	12,7	1,30±0,08	19,7
Самцы	104,36±3,68	27,8	1,51±0,12	27,5
Конец нерестового хода				
Самки	63,52±6,19	13,8	1,25±0,08	13,7
Самцы	74,10±9,54	31,5	1,33±0,17	31,5

Ранее было отмечено, что на концентрацию гемоглобина влияет пол, экология рыб в пределах осваиваемых биотопов, их активность. Очевидно, многократное участие самцов щуки в осеменении икры разных самок в течение нерестового периода обосновывает их большую активность. Отмеченная ранее ротация производителей щуки на нерестилищах в р. Немонин и продолжительность нерестового периода, который короче, чем у порционно-нерестующих рыб, объясняет меньшее снижение величины показателей. Так, если снижение концентрации гемоглобина у самок щуки составило 21,5 %, у самцов 29 %, то концентрации эритроцитов у самок с $1,30 \pm 0,08 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$ до $1,25 \pm 0,08 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$, у самцов с $1,51 \pm 0,08 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$ до $1,33 \pm 0,08 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$, соответственно 4 и 12 %.

Столь существенная разница в снижении величины показателей у производителей щуки по сравнению с производителями рыбака, объясняет особую структуру нерестового стада первой, когда залив в предустьевой части является местом сосредоточения производителей с разной степенью зрелости гонад, откуда они группами («волнами») мигрируют на нерест в р. Немонин.

Снижение концентрации гемоглобина и эритроцитов у производителей щуки, с одной стороны, подтверждает установленную закономерность для многих рыб в нерестовый период [101, 156]. С другой, позволяет говорить о различиях в интенсивности обмена веществ у производителей щуки, нерест которых проходит в разные сроки нерестового периода. Подтвержде-

нием тому служат данные о снижении величины индексов сердца, печени, селезенки и коэффициента упитанности [188].

Линь

Исследованиями были охвачены самцы и самки линя с гонадами в IV и V стадиях зрелости, что позволило оценить изменение гематологических показателей в процессе созревания половых продуктов на этапе, предшествующем нересту и непосредственно во время него.

Обращаясь к данным табл. 4.2 (прилож. 4) следует отметить наличие полового диморфизма по концентрации гемоглобина у производителей линя с гонадами в IV стадии зрелости. Она была выше ($p < 0,001$) у самцов. У самок и самцов с гонадами в V стадии зрелости различие в концентрации гемоглобина достоверно не подтвердилось. Также не подтвердились различия в концентрации эритроцитов у самок и самцов с гонадами в IV и V стадиях зрелости.

Разнонаправленной была динамика концентрационных показателей у самцов и самок по мере перехода гонад с IV в V стадию зрелости. Так у самок на фоне увеличения концентрации гемоглобина снизилась концентрация эритроцитов. Соответственно, с $65,75 \pm 3,73$ до $74,76 \pm 3,38$ г·л⁻¹ и с $1,259 \pm 0,119$ до $1,119 \pm 0,092$ Т·л⁻¹. У самцов на фоне снижения концентрации гемоглобина было отмечено увеличение концентрации эритроцитов. Соответственно, с $91,33 \pm 4,45$ до $87,27 \pm 5,72$ г·л⁻¹ и с $1,29 \pm 0,190$ до $1,513 \pm 0,325$ Т·л⁻¹.

Снижение концентрации эритроцитов в крови самок линя соответствует тенденции отмечаемой у многих рыб в период нереста. Наибольшей величины концентрация эритроцитов достигает на завершающем этапе созревания половых клеток [78, 113]. В соответствии с этим, изменение концентрации эритроцитов в крови самок линя закономерно, с одной стороны. С другой, может говорить о том, что пробы крови на исследование брались у рыб, реализовавших в разной степени репродуктивный потенциал.

Увеличение концентрации эритроцитов у самцов линя по мере перехода с IV на V стадию зрелости гонад можно связать с их большей активностью и особенностью выборки, в которую могли попасть рыбы в начале процесса реализации репродуктивного потенциала.

Увеличение концентрации гемоглобина у самок линя по мере перехода с IV в V стадию зрелости гонад следует связать с высоким уровнем окислительных процессов в организме с учетом наличия в гонадах порций икринок, находящихся на завершающих этапах трофоплазматического роста. Снижение концентрации гемоглобина у самцов можно связать со снижением окислительных процессов в организме. Из литературных источников известно, что по мере созревания рыб часть белков эритроцитов идет на построение гонад [126, 198]. В соответствии с этим перед нерестом идет перераспределение белка в организме [111, 112]. Результатом этого является более высокий уровень гемоглобина у самцов.

Оценивая, в целом, данные по концентрации гемоглобина и эритроцитов, а также СГЭ, следует признать высокий их уровень у самцов и самок с гонадами в IV и V стадиях зрелости, что подтверждает значимый уровень окислительных процессов в организме [142, 379].

Количество лейкоцитов в крови рыб зависит от возраста, пола, стадий зрелости гонад, упитанности, экологических условий и заболеваний [7]. Поскольку условия среды в местах вылова производителей линия были идентичны, то, оценивая значения концентрации лейкоцитов, следует учитывать, прежде всего, половые различия и степень развития гонад у рыб. Такая оценка позволяет установить наличие или отсутствие закономерностей в проявлении концентрационных характеристик показателя.

Как следует из данных таблицы (прилож. 4, табл. 4.2) установлен половой диморфизм по концентрации лейкоцитов у самцов и самок линия с гонадами в IV стадии. Но, в отличие от ранее установленной достоверно большей концентрации гемоглобина у самцов с гонадами в IV стадии зрелости, концентрация лейкоцитов у самцов ($46,17 \pm 7,26 \text{ Г} \cdot \text{л}^{-1}$) была ниже ($p < 0,05$), чем у самок ($67,70 \pm 6,57 \text{ Г} \cdot \text{л}^{-1}$). Достоверными ($p < 0,05$) оказались различия в концентрации лейкоцитов между самками с гонадами в IV и V стадиях зрелости. Большей ($70,28 \pm 4,78$ против $46,17 \pm 7,26 \text{ Г} \cdot \text{л}^{-1}$) она была у вторых. Такой же уровень достоверности ($p < 0,05$) различий был в концентрации лейкоцитов у самцов линия с гонадами в IV и V стадиях зрелости ($67,70 \pm 6,57$ и $58,76 \pm 7,21 \text{ Г} \cdot \text{л}^{-1}$, соответственно).

Л.Д. Житенева и др. (1979) отмечают, что низкая концентрация лейкоцитов у производителей линия в преднерестовый период, особенно у самок обуславливает снижение иммунитета у потомства. Л.Д. Житенева (1997) подтверждает данные А.А. Яржомбека (1986) о средней величине концентрации лейкоцитов у линия на уровне $52 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. При сравнении наших данных с приведенными выше можно заключить, что концентрация лейкоцитов у производителей линия р. Немонин в преднерестовый период была высокой у самок и несколько ниже у самцов, но существенно превысила их в нерестовый период. Данные по величине оплодотворения икры, инкубации, выдерживанию предличинок и выращиванию личинок подтвердили высокий иммунный статус потомства линия р. Немонин.

Анализ лейкоцитарной формулы показал, что различий в изменении составляющих ее элементов у самцов линия при переходе с IV в V стадию зрелости не установлено. У самок в аналогичный период различия оказались существенные. Это может говорить о том, что интенсивное образование фагоцитирующих клеток крови и увеличение их количества в периферическом русле крови начинается до нереста и сохраняется в течение всего нерестового периода. При этом учитывается, что моноциты и нейтрофилы выделяют фермент, способствующий растворению межклеточных веществ, что способствует освобождению яйцеклеток из фолликулярной оболочки [112]. На основании полученных результатов изучения красной и белой крови у

самцов и самок линя р. Немонин, при сопоставлении с данными других исследований, можно заключить, что динамика фиксируемых показателей подчинена общим для других рыб закономерностям [1, 556].

5.3 Морфофизиологические особенности потомства рыб

Ранее отмечали, что одним из лимитирующих развитие рыб факторов выступает соленость воды [416]. Ввиду того, что в Куршском заливе возможны ситуации, связанные с нагоном воды со стороны моря, молодь рыб может испытывать действие повышенной до 5 ‰ (северная часть залива) и меньшей (в остальных частях) солености. В связи с этим в экспериментах, наряду с контролем (пресная вода), были апробированы режимы солености воды с диапазоном значений от 2 до 8 ‰. При оценке влияния условий выращивания на величину индексов внутренних органов молоди рыбца, линя, стерляди, помимо ранее обозначенных при характеристике производителей (индексы печени, сердца, селезенки) были апробированы индексы мозга, жабр, почки.

Использование первого как критерия оценки влияния условий выращивания важно, поскольку изменения величины мозга не могут быть малозначимыми. Поскольку, если они есть, то это результат длительного воздействия весомых причин [490, 491]. При этом следует учитывать, что скорость роста мозга примерно в 2 раза меньше скорости роста тела рыб, а у старшевозрастных в 1,5 раза [361, 490].

Использование второго показательно с точки зрения оценки изменения площади жаберной поверхности с возрастом, размерами рыб и условиями среды обитания. Известно, что с возрастом площадь жаберной поверхности по отношению к единице массы тела рыб уменьшается [7, 373]. Одновременно следует учитывать, что управляемые условия выращивания направлены на оптимизацию газообмена у рыб.

Использование третьего показательно с позиции учета значимости относительной массы почек как индикатора уровня обмена веществ [495]. Удаляя из организма токсичные соединения и продукты распада, образующиеся в ходе обменных процессов, выполняя функцию лимфо- и миелопоэза, почки реагируют на дефицит кислорода в воде, уменьшаясь или увеличиваясь при снижении интенсивности обмена веществ [8, 89, 209].

5.3.1 Рыбец

Изучение возрастной динамики морфофизиологических индексов молоди рыбца показало, что ей свойственна определенная закономерность (прилож. 4, рис. 4.1).

На рисунке показано, что индекс сердца у мальков рыбца как в пресной, так и в солоноватой воде существенно выше, чем у сеголетков и годовиков. Ранее было отмечено, что более вы-

сокий индекс у мальков является предпосылкой для интенсивного развития, заложенного еще в эмбриогенезе и по мере роста рыб происходит его снижение [36, 177]. Обращает внимание большая величина индекса у мальков в пресной воде, чем в солоноватой (0,46 и 0,34 %, соответственно). Вариабельность индекса больше в солоноватой воде (24,67 % против 10,79 %), что, как отмечает Е.П. Бруснынина (1970), говорит в пользу более благоприятных условий обитания. В дальнейшем индекс сердца, в соответствии с ранее отмеченным у сеголетков и годовиков, выращиваемых в пресной воде, последовательно снижался до 0,17 и 0,14 %.

Для отстающей в росте молодежи в солоноватой воде показана менее выраженная динамика индекса (0,34 – 0,24 %), в то время как для быстрорастущей более (0,34 – 0,13 %), что может говорить о не полной физиологической подготовленности первой к раскрытию высокой ростовой потенции. Ранее это подтверждено в исследованиях о влиянии солености на рост молодежи рыба.

Подтверждением предпочтения выращивания в солоноватой воде крупной молодежи говорят данные о величине индекса печени у годовиков (0,83 %). У годовиков, выращенных из отстающей в росте молодежи, индекс печени составил 1,97 %, в пресной воде 0,94 %. Вариабельность признака в первом случае составила 34,89 %, во втором 33,64 %, в третьем 20,92 %.

Учитывая роль печени как депо запасных питательных веществ и места синтеза белков, углеводов можно говорить о высокой ее функциональной активности при выращивании крупных годовиков в солоноватой воде.

Учитывая то, что индекс мозга увеличивается со скоростью, запрограммированной в генотипе [490], изменения в его величине, как отмечалось ранее, менее выражены. Так у мальков рыба в пресной и солоноватой воде различия в величине индекса были относительно не большие (2,72 и 2,49 %, соответственно). Близкими были значения индекса мозга у годовиков рыба, выращенных из крупной молодежи в солоноватой и пресной воде (1,22 и 1,23 %). У годовиков, выращенных из отстающей в росте молодежи в солоноватой и пресной воде 1,57 и 1,50 %, соответственно. Причину отличий в величине индекса мозга у годовиков, выращенных из крупной и отстающей в росте молодежи следует видеть в превышении скорости роста и размеров первых.

Как известно индекс селезенки служит депо крови, при дефиците кислорода, усилении пищеварения он снижается [38, 156, 362]. Важной функцией селезенки является эритро- и тромбопоэз [209]. В соответствии с отмеченным индекс селезенки у рыб варьирует значительно сильнее, чем другие морфофизиологические индексы [8].

Наши данные показывают относительную стабильность в динамике индекса селезенки, что может говорить о благоприятных условиях выращивания молодежи. Наибольшая величина индекса селезенки отмечена у мальков и составила 0,285 и 0,25 % в пресной и солоноватой воде, при близкой вариабельности 14,70 и 15,00 %, соответственно. У сеголетков индекс снизился

до 0,21 %. У годовиков, выращенных из мелкой молоди в пресной воде составил 0,10 %, в солоноватой 0,13 %. Соответственно, у годовиков, выращенных из крупной молоди в пресной воде 0,07 %, в солоноватой 0,10 %. Вариабельность признака в пресной воде была 22,26 – 23,34 %, в солоноватой 9,34 – 14,74 %.

Таким образом, на основании установленных закономерностей в изменении величины морфофизиологических индексов можно заключить о возможности выращивания молоди рыбца в воде соленостью до 6,8 ‰. При этом молодь, имеющая к октябрю массу менее 1 г оказывается не полностью физиологически подготовленной к обитанию в солоноватой воде. Предпочтительным, с целью получения к апрелю – маю более крупных и жизнеспособных годовиков, является выращивание в солоноватой воде молоди, достигшей к октябрю массы более 1 г. По физиологическому состоянию такая молодь не уступает выращенной в пресной воде.

5.3.2 Линь

Как ранее было отмечено, превышение скорости роста у молоди линя по сравнению с пресной водой достоверно подтвердилось при солености 2 ‰. При 3 ‰ превышение было незначительным. Поэтому, сравнивая варианты, достоверно различающейся по скорости роста молоди, следует отметить сходную картину в величине индексов печени, почки и жабр, проявившуюся в возрасте годовиков как в пресной, так и солоноватой воде.

Обращает внимание, что вариабельность признака была выше при сравнении индексов почки, селезенки, печени в варианте пресной воды (33,2 против 21,3 %; 53,7 против 17,5 %; 31,0 против 18,3%, соответственно). Вариабельность индекса жабр была близкой (33,7 против 33,4 %). Это дает основание считать, что пресноводные условия более благоприятные для выращивания молоди линя.

В то же время, превышение индексов печени, почек, жабр у годовиков в пресной воде говорит, прежде всего, о более высокой скорости роста молоди в солоноватой воде. Как следствие, более интенсивного обмена веществ.

Максимальные значения индекса печени, почек, жабр у годовиков в пресной воде составили 1,25; 0,55 и 2,42 %, соответственно. В солоноватой воде, соответственно, 0,7; 0,33 и 2,18%. Достоверность различий подтвердилась по индексам почки ($p < 0,01$), печени ($p < 0,001$) и селезенки ($p < 0,001$).

5.3.3 Стерлядь

Фиксация массы органов молоди стерляди на 14-е и 100-е сутки выращивания в пресной воде, при солености 3 и 6 ‰ и расчет индексов печени, селезенки, почки, жабр позволил установить особенности в реакции организма рыб на условия содержания (прилож. 4, рис. 4.6).

Только для индекса печени для всех режимов солености показана тенденция снижения его величины с возрастом. С одной стороны, это согласуется с закономерностью, установленной для рыб, обитающих в естественных условиях, а также выращиваемых при соблюдении в норме параметров биотехнического процесса [7, 126, 318]. С другой стороны, имеются различия в величине индекса в статичной ситуации при разной солености воды, но не подтверждаемые уровнем достоверности. Очевидно, более высокие значения индекса печени при солености 3 и 6 ‰ отражали уровень адаптации организма на 14-е сутки выращивания. На 100-е сутки выращивания установилось соотношение в величине индекса печени у рыб, выращиваемых в пресной и солоноватой воде, позволяющее предположить вероятность более интенсивного обмена веществ при увеличении содержания солей в воде. Вместе с тем, следует признать, что зафиксированные в динамике и статике значения индекса печени у молоди стерляди соответствуют фиксируемому у осетровых рыб, выращиваемых в промышленных условиях [404, 405].

В динамике индексов других органов стабильность отсутствовала. Так, у рыб, выращиваемых в пресной воде, индексы селезенки и жабр снизились с 0,26 до 0,20 % и с 2,67 до 2,00 %, соответственно. При солености 3 ‰ выросли с 0,17 до 0,20 % и с 1,94 до 2,30 %, соответственно. При солености 6 ‰ снизились с 0,22 до 0,10 % и с 2,16 до 1,20 ‰.

Если исходить из того, что меньшие значения индексов печени, почки, селезенки, жабр отражают более интенсивный обмен, частным проявлением которого является рост рыб, то более благоприятные условия содержания были пресноводные и при солености 6 ‰. Однако, ранее обсужденные данные о росте и жизнестойкости молоди стерляди, говорят о преимуществе выращивания в течение всего сто суточного периода в пресной воде. В то же время, на отдельных этапах преимущество в скорости роста было установлено при выращивании молоди при солености 3 и 6 ‰ [49]. С учетом того, что достоверные различия в изменении величины индекса показано только для жабр ($p < 0,01-0,05$), а по индикатору обменных процессов – почке, картина в изменении величины индекса неоднозначна при всех режимах выращивания.

На основании проведенного анализа можно говорить о предпочтении пресноводного режима выращивания молоди стерляди. В то же время адаптационный механизм позволяет приспособливаться молоди к солености 3 – 6 ‰ и на отдельных этапах выращивания она росла быстрее, чем в пресной. Поэтому установленная динамика индексов внутренних органов отражает процесс адаптации рыб к условиям содержания.

Подтверждением этому служат данные, позволяющие оценить влияние условий содержания молоди стерляди в различных рыбоводных системах на величину индексов селезенки, почки, печени (рис. 45).

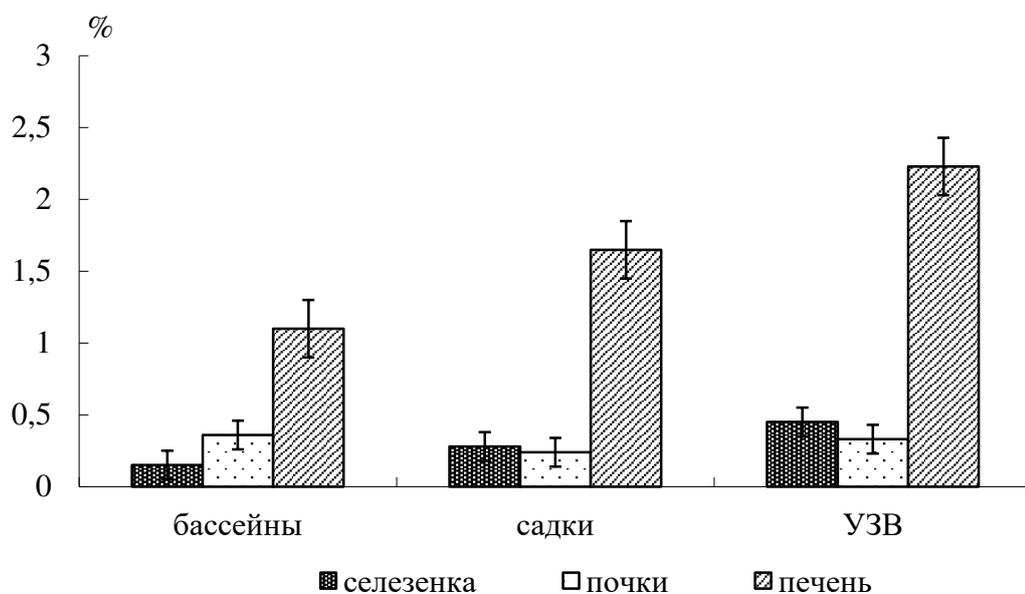


Рисунок 45 – Органо-соматические индексы сеголетков стерляди при выращивании в различных условиях

Анализ данных позволяет сделать вывод о более благоприятных условиях выращивания молоди стерляди в проточных бассейнах, снабжаемых водой из р. Немонин. Так по величине индекса печени получены достоверные отличия при сравнении со значениями у рыб, выращенных в садках ($p < 0,05$) и УЗВ ($p < 0,001$). По индексу селезенки отличия подтверждены при сравнении с садками на уровне $p < 0,05$, с УЗВ $p < 0,05$. Причем, величина отмеченных индексов была меньше у рыб, выращенных в бассейнах. Индекс почки у рыб, выращенных в садках был достоверно ниже ($p < 0,01$), чем в бассейнах и УЗВ. Можно предположить, что более высокое значение индекса почки в бассейнах и УЗВ связан с влиянием кислой среды ($pH = 6,0$) в первой рыбободной системе и повышенного фона соединений азота во второй.

Как известно, различные отклонения параметров среды обитания вызывают изменения средних величин индексов и соотношений между ними [162, 314].

Обобщая полученные данные, можно предположить, что более благоприятные условия для молоди стерляди были в бассейнах.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить о предпочтительности выращивания молоди стерляди в пресной воде и допустимости в диапазоне солености 3 – 6 ‰. При этом величина и динамика индексов внутренних органов у рыб при солености 3 ‰ отражают более сложный характер приспособления, чем при 6 ‰. Величина индексов внутренних органов у сеголетков стерляди в проточных бассейнах отражает более благоприятные условия выращивания по сравнению с садками и УЗВ.

5.3 Гематологическая характеристика потомства рыб

Рыбец

При искусственном воспроизводстве рыб качество производителей оценивают по потомству, учитывая скорость роста молоди, её жизнестойкость. Показатели же красной крови исследуемой молоди позволяют судить об интенсивности обмена веществ у нее [86, 128].

С учетом этого, изучение красной крови проводили у годовиков рыбака, выращивание которых проводили в пресной и солоноватой воде. Следует отметить, что достоверных различий в концентрации гемоглобина и эритроцитов в крови годовиков, выращиваемых в пресной и солоноватой воде не установлено. Тем не менее, с определенной степенью уверенности, можно говорить о срабатывании ростостимулирующего эффекта в результате воздействия солености, что достоверно подтверждается различиями в массе рыб ($p < 0,01$). При этом концентрация гемоглобина составляла у годовиков в солоноватой воде $46,49 \pm 6,34$ г·л⁻¹, эритроцитов $1,13 \pm 0,04$ Т·л⁻¹, у рыб в пресной воде, соответственно, $41,58 \pm 4,24$ г·л⁻¹ и $1,01 \pm 0,03$ Т·л⁻¹.

Если ориентироваться на приведенный диапазон концентрационных показателей красной крови у годовиков рыбака, то они ближе к левой его границе. Можно предположить, что относительно низкой скорости роста молоди неместимированного объекта, выращиваемой в специфических условиях УЗВ, соответствовала интенсивность обмена веществ, опосредованная в фактических концентрациях гемоглобина и эритроцитов. В то же время, следует учитывать постоянство в течение периода выращивания абиотических и биотических факторов, в диапазоне допустимых значений, что также может влиять на величину концентрационных показателей красной крови [298].

Линь

Изучение красной и белой крови проводили у годовиков линя, выращиваемых в пресной и солоноватой (3 ‰) воде. Эти особенности нашли отражение в таблице 4.3 (прилож. 3): вариант 1 – пресная вода, вариант 2 – соленость 3 ‰.

Ранее было показано, что при солености 3 ‰ скорость роста молоди линя была сопоставима с вариантом пресной воды, но выживаемость на 16 % ниже. Ростостимулирующий эффект и более высокая выживаемость молоди линя показаны при солености 2 ‰. Поэтому соленость 3 ‰ можно рассматривать как пограничную в диапазоне успешной адаптации к воздействию данного фактора. Влияние обозначенных условий на интенсивность обмена веществ, проявившееся в конечной массе годовиков, выглядит следующим образом: пресная вода – $8,00 \pm 0,62$ г; соленость 3 ‰ – $8,25 \pm 0,72$ г. Выживаемость годовиков составила, соответственно: 80 и 64 % [89].

А.В. Попов (1983) указывает, что жизнеспособность рыб отражает обеспеченность организма рыб гемоглобином [305]. Этому мнению соответствуют наши данные (прилож. 4, табл.

4.3). В варианте солености воды 3 ‰ концентрация гемоглобина ($28,27 \pm 1,84 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) выше ($24,44 \pm 0,97 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) на 16 %. Более высокая концентрация гемоглобина, возможно, связана с более значимыми энергозатратами в условиях приспособляемости на границе допустимых значений солености [96]. Этому соответствует снижение концентрации эритроцитов ($1,360 \pm 0,139 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$) по сравнению с вариантом пресной воды ($1,4940 \pm 0,132 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$) на 10 %.

В лейкоцитарной формуле у годовиков линя, выращенных в солоноватой воде (3 ‰), отмечено угнетение лимфопоэза ($p < 0,01$ и $0,001$). Кровь рыб в условиях воздействия солености 3 ‰ приобретает резко нейтрофильный характер, что говорит о наличии токсикоза [309]. Ранее обсужденные данные по концентрационным показателям красной крови подтверждают воздействие на молодь линя солености 3 ‰ на критическом уровне приспособляемости организма.

В варианте пресной воды сдвиги в лейкоцитарной формуле незначительны и соответствуют нормальному физиологическому состоянию рыб.

Таким образом, следует признать, что выращивание молоди линя в пресной воде предпочтительнее, чем в солоноватой воде (3 ‰).

Стерлядь.

О реакции организма молоди на условия выращивания можно судить по изменению показателей красной и белой крови, происходящих в кратковременном и долговременных периодах. Тем более, что молодь стерляди после выпуска в Куршский залив будет осваивать большую часть акватории водоема, в разных частях которой и в разное время соленость может изменяться от значений близких к 0 до 5 ‰ [181]. Поэтому в исследованиях были охвачены периоды выращивания молоди стерляди продолжительностью 14 и 100 сут. Выращивание проходило при солености 3 и 6 ‰, контролем служила пресная вода (0 ‰). Воздействие солености в течение 14 суток не повлияло на изменение красной крови. Изменения коснулись только белой крови. Так концентрация лейкоцитов в крови рыб, выращиваемых в пресной воде, а также при солености 6 ‰ оказалась достоверно больше ($p < 0,001$), чем при солености 3 ‰.

Анализ лейкоцитарной формулы крови рыб, выращиваемых в пресной воде, показал ее соответствие физиологической норме [473]. В крови рыб, выращиваемых при солености 3 ‰, снизилась более чем в 3 раза доля палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов ($p < 0,01$). Достоверно снизилось общее число нейтрофилов ($p < 0,001$). В крови рыб, выращиваемых при солености 6 ‰, снизилась по сравнению с вариантом пресной воды доля палочкоядерных нейтрофилов ($p < 0,05$), доля сегментоядерных возросла ($p < 0,001$). Но за счет перераспределения общее число нейтрофилов в контроле и при солености 6 ‰ не отличалось. Однако, заметно возросла с $0,20 \pm 0,09$ (пресная вода) и $0,20 \pm 0,12$ (соленость 3 ‰) до $3,30 \pm 0,99$ ($p < 0,01$ и $0,001$) доля моноцитов. Повышение процента моноцитов, как известно, свидетельствует о повышении защитных сил организма [19, 109].

Установленные изменения в крови молоди стерляди, содержащейся в течение 14 сут при разных режимах солености, отражают особенности срабатывания адаптационного механизма. Механизм регулирования при солености 3 ‰ направлен на снижение концентрации лейкоцитов за счет снижения концентрации лимфоцитов. Влияние солености 6 ‰ вызывает только повышение доли моноцитов [473].

Воздействие солености 3 ‰ в течение 100 сут отразилось как на красной, так и белой крови (прилож. 4, табл. 4.4).

Отмечено снижение концентрации эритроцитов более чем на 45 % ($p < 0,01$). Концентрация гемоглобина осталась на уровне относительно близких значений. В лейкоцитарной формуле увеличилась доля эозинофилов ($p < 0,01$) и моноцитов ($p < 0,05$) в сравнении с вариантом пресной воды.

Влияние солености 6 ‰ отразилось на лейкоцитарной формуле. Так, доля эозинофилов ($p < 0,01$) и моноцитов ($p < 0,01$) оказалась выше по сравнению с вариантам пресной воды и воды соленостью 3 ‰. Снизилась доля общего числа лимфоцитов ($p < 0,01$).

Адаптация молоди стерляди к воде солености 3 и 6 ‰ в течение 100 сут показала, что при большей солености более чем два раза увеличилась концентрация эритроцитов. При большей солености снизилась доля общего числа лимфоцитов. Также возросла доля эозинофилов и моноцитов, являющихся индикаторами неблагоприятного физиологического состояния рыб [333, 473].

По данным ряда авторов, высокую жизнестойкость молоди некоторых видов осетровых подтверждают такие параметры показателей белой и красной крови [19, 81]:

- ОБС у русского осетра 18 – 27 г·л⁻¹, у белуги 7 – 20 г·л⁻¹, у севрюги 7 – 18 г·л⁻¹;
- концентрация гемоглобина, соответственно, 40-50 г·л⁻¹, 29-45 г·л⁻¹, 40-52 г·л⁻¹;
- лейкоцитарная формула, соответственно, для перечисленных видов осетровых:

лимфоциты:	72-77	40-50	58-65
моноциты:	0,5-1,0	1,0-1,5	0-1
нейтрофилы:	14-25	29-43	30-32
эозинофилы:	2-9	10-30	5-9

Стерлядь отличается большими величинами гематологических показателей. Так у молоди концентрация гемоглобина может быть 55 г·л⁻¹, у годовиков массой 156 г – 74 г·л⁻¹, а у двух-трехлетков – 96 г·л⁻¹ [110, 246].

На основании наших данных можно утверждать, что соленость 6 ‰ негативно отражается на физиологическом состоянии рыб. Пресная вода, а также соленость 3 ‰, соответствуют реализации адаптационных механизмов, направленных на поддержание гомеостаза в организме молоди стерляди.

Ранее, оценивая влияние условий содержания молоди стерляди в бассейнах и садках на величину и динамику индексов внутренних органов, было признано, что они более благоприятные для роста и выживаемости рыб в бассейнах.

При сравнении данных, полученных при исследовании красной и белой крови сеголетков стерляди с нормируемыми гематологическими показателями, были установлены достоверные различия по двум параметрам. Большими были концентрация эритроцитов и общего белка сыворотки крови ($p < 0,001$). Причем у рыб, выращенных как в бассейнах, так в садках (прилож. 4, табл. 4.5). В основе этих различий видится более интенсивный обмен веществ, как следствие рост молоди стерляди в наших условиях, когда конечная масса сеголетков достигла 80 – 90 г, в то время как в нормативных источниках 30 – 56 г [49]. При этом достоверно большая ($p < 0,001$) концентрация эритроцитов и общего белка сыворотки крови ($p < 0,01$) в крови сеголетков, выращенных в бассейнах, говорит в пользу этого способа выращивания.

В пользу этого говорит также достоверно большая ($p < 0,05$) доля моноцитов в лейкоцитарной формуле крови сеголетков, выращенных в садках. По остальным показателям лейкоцитарная формула крови не различалась у сеголетков, выращенных в бассейнах и садках и соответствовала параметрам описанной ранее нормы [208].

Основываясь на анализе гематологических показателей и нормируемых параметров красной и белой крови, можно признать, что для выращивания сеголетков стерляди могут быть использованы бассейновый и садковый способы выращивания. Но применение первого предпочтительнее, поскольку позволяет создать условия, обеспечивающие лучшее физиологическое состояние выращиваемой молоди.

5.4 Иммунологические особенности потомства рыб

Ранее отмечалось, что снижение концентрации лейкоцитов у производителей рыб в преднерестовый период является показателем ослабления иммунитета у потомства. Как следствие снижаются его жизнестойкость и интенсивность роста [69, 207]. Поэтому был сделан вывод о том, что концентрация лейкоцитов, в целом, у производителей линия в наших исследованиях была выше определенной нормы, что должно отражаться на высоком качестве потомства. Но для того, чтобы учитывать реакцию организма на патогенные возбудители и иные инородные вещества в качестве критерия жизнеспособности потомства, необходимо установить параметры основных показателей клеточного и гуморального иммунитета.

Из клеточных факторов иммунитета изучают лейкоциты, макрофаги и др. Из гуморальных – глобулины, лизоцим, комплемент и др. [208]. При этом учитывают, что их фагоцитарная активность зависит от функционального состояния организма, а также условий окружающей среды [196]. При выращивании рыб в искусственных условиях, особенно в УЗВ, в отличие от

природных, удается в определенной мере управлять некоторыми абиотическими и биотическими факторами, такими как: температура воды, содержание в ней растворенного кислорода, соединений азота, pH, соленость, плотность посадки, микробиота и др. Стабильность условий или отклонение по некоторым параметрам должно отражаться на проявлении иммунитета.

Поэтому оценка фагоцитарной активности факторов иммунитета у потомства, выращиваемого в разных условиях, позволяет, с одной стороны, установить иммунный статус рыб, с другой, подтвердить качество производителей.

5.4.1. Фагоцитарная активность лейкоцитов крови годовиков линя

Фагоцитарную активность лейкоцитов крови годовиков линя определяли у рыб, которых выращивали при постоянных температурном и газовом режимах, плотности посадки, количественных и качественных параметров кормления. Различия в опытных вариантах состояли в соленосном режиме (0 и 3 ‰).

Результаты исследования приведены в таблице 20. При расчете фагоцитарного индекса Гамбургера и фагоцитарного числа Ройта использовали известную методику [208, 331].

Таблица 20 – Сравнительная характеристика фагоцитарной активности лейкоцитов крови у годовиков линя

Вариант опыта	Фагоцитарный индекс Гамбургера M ± m	Фагоцитарное число Ройта M ± m	Количество рыб, шт.
Контроль	56,8 ± 1,55 ^{1,3}	7,79 ± 0,56 ¹	9
Соленость 3‰	59,2 ± 1,42 ^{2,3}	7,57 ± 0,25 ^{2,3}	6

^{1, 2, 3} – различия достоверны при $p < 0,05$; 0,01 и 0,001, соответственно

Первое, на что следует обратить внимание это схожесть в динамике индекса Гамбургера и числа Ройта с той картиной, что была показана ранее при исследовании гематологических показателей у годовиков линя.

Результаты исследования, а также учет полученных данных при общем анализе периферической крови годовиков линя, подтверждают мнение ряда авторов о том, что существенную роль в усилении фагоцитарной активности лейкоцитов играют специфические антитела, выполняющие функцию нейтрализации бактерий [69, 207].

Таким образом, влияние факторов, проявляющееся в ускорении роста, повышении интенсивности обмена веществ, усилении метаболизма и выделении его продуктов в воду, обобщаемое в новом качестве внутренней среды организма рыб и окружающего пространства, проявляется в иммунном ответе организма годовиков. Оценивая влияние солености 3 ‰, следует

отметить достоверное увеличение количества фагоцитирующих лейкоцитов (при $p < 0,01$ и $0,001$) [89].

5.4.2. Концентрация лизоцима во внутренних органах годовиков линя

По мнению В.И. Лукьяненко (1989) лизоцим, выполняя функцию не специфического антибактериального барьера, отражает физиологическое состояние рыб в условиях воздействия абиотических факторов.

Концентрацию лизоцима определяли в почке, селезенке и жабрах годовиков линя, выращиваемых, как и в предыдущих исследованиях, в пресной и солоноватой воде (3‰).

Изменение концентрации лизоцима в почке во времени (0 – 90 мин) проходило односторонне (рис. 46). Максимальная величина показателя была достигнута в варианте солоноватой воды ($57,79 \pm 0,53$ мкг/г), а минимальная в варианте пресной воды ($24,34 \pm 2,57$ мкг/г). Различия между опытным вариантом и контролем (пресная вода) оказались достоверными при $p < 0,05$.

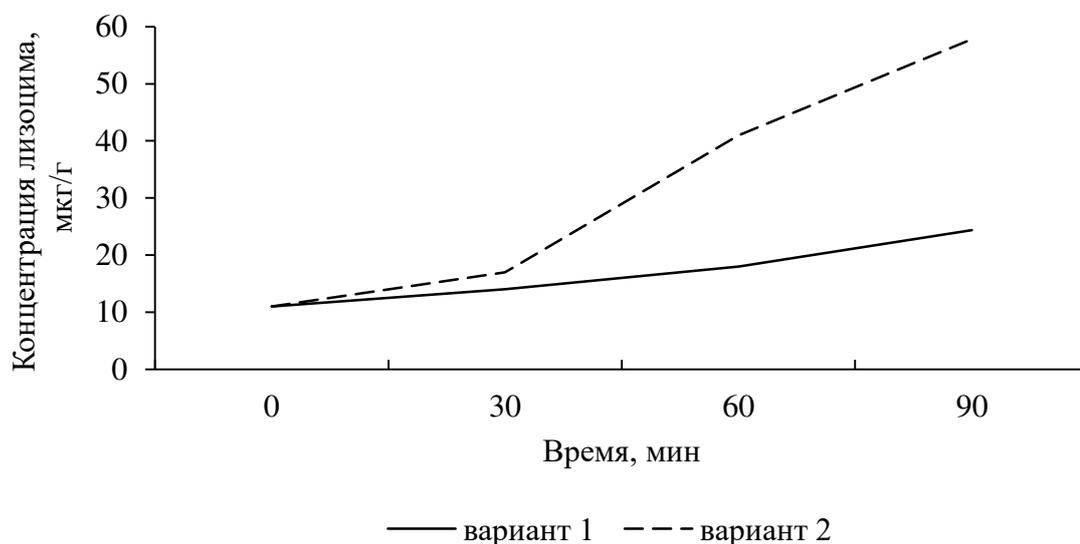


Рисунок 46 – Изменение концентрации лизоцима в почке годовиков линя

Аналогичная картина была отмечена в изменении концентрации лизоцима в печени годовиков линя (рис. 47). Наибольший градиент ее увеличения был в варианте солоноватой воды. Когда величина показателя изменилась от $8,82 \pm 0,61$ до $53,48 \pm 2,12$ мкг/г. Это подтверждает известное положение о том, что быстрое увеличение концентрации лизоцима до максимальных значений связано с активацией врожденных механизмов гуморального иммунитета [308].

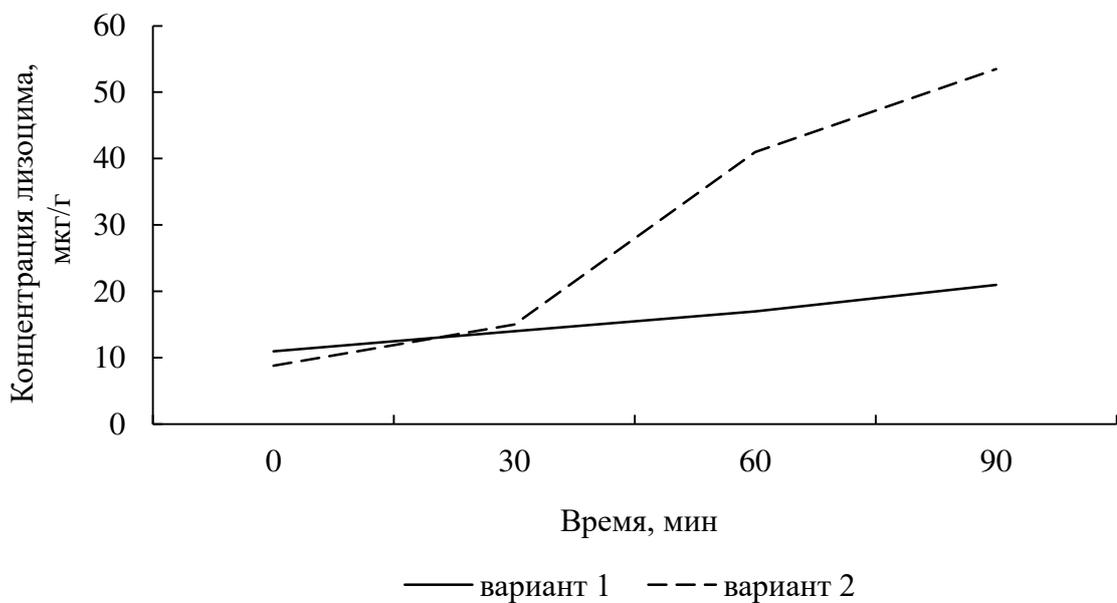


Рисунок 47 – Изменение концентрации лизоцима в печени годовиков линия

Наименьший градиент увеличения концентрации лизоцима был в варианте пресной воды: от $11,92 \pm 0,73$ до $27,36 \pm 0,91$ мкг/г. Различия между опытным вариантом и контролем (пресная вода) оказались достоверными при $p < 0,05$. Обращает внимание, что концентрация лизоцима в печени в контроле была аналогичной, установленной В.И. Лукьяненко (1989) для линия.

В определённой мере картина в изменении концентрации лизоцима повторяется в динамике показателя в селезёнке (рис. 48).

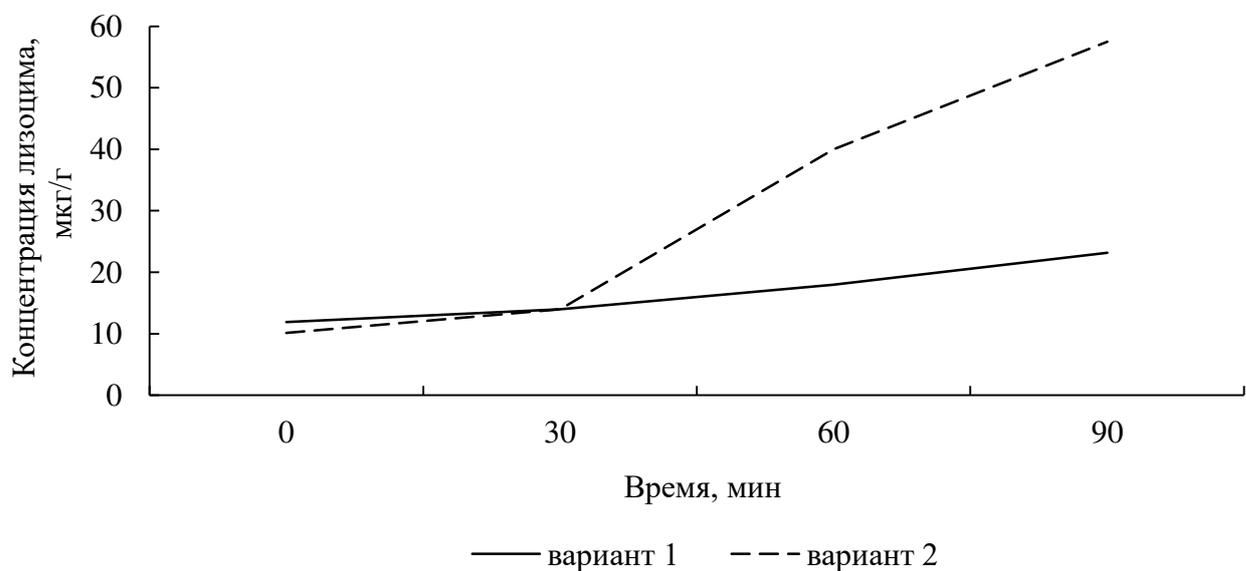


Рисунок 48 – Изменение концентрации лизоцима в селезёнке годовиков линия

В варианте солоноватой воды концентрация лизоцима за 90 мин увеличилась от $10,14 \pm 0,87$ до $57,48 \pm 1,09$ мкг/г. Различия между опытным вариантом и контролем были достоверны при $p < 0,05$.

Аналогичными всем предыдущим вариантам были изменения концентрации лизоцима в жабрах годовиков линия (рис. 49). В варианте солености она повысилась от $10,50 \pm 0,70$ до $56,25 \pm 1,25$ мкг/г, в контроле от $13,42 \pm 0,11$ до $25,14 \pm 0,49$ мкг/г. Различия между опытными вариантами и контролем оказались достоверны при $p < 0,05$.

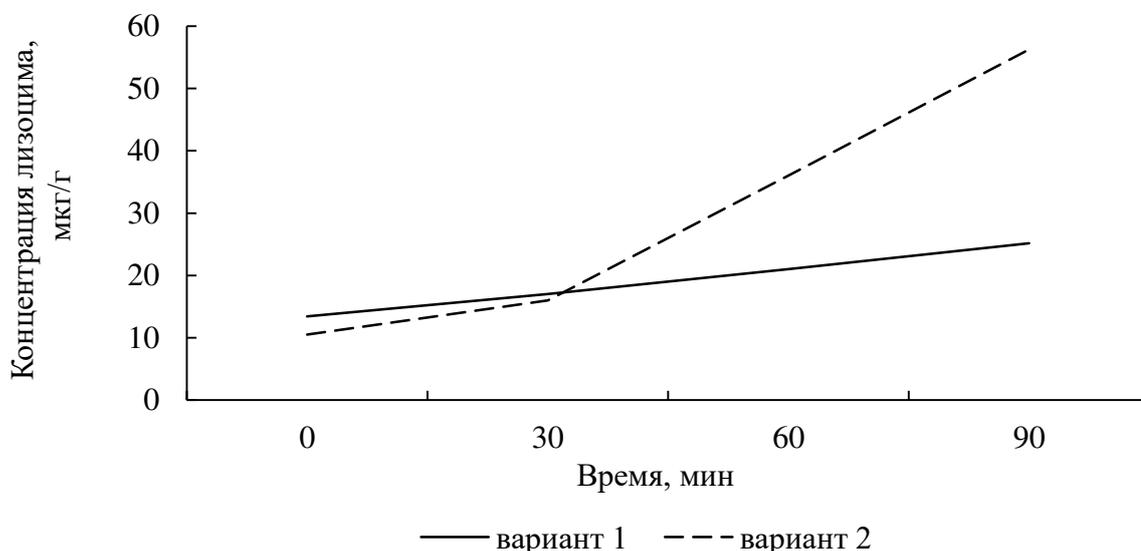


Рисунок 49 – Изменение концентрации лизоцима в жабрах годовиков линия

Большие отличия в картине изменения концентрации лизоцима были в коже годовиков линия. Максимальная разность между конечной и начальной концентрацией была в варианте солоноватой воды, когда начальная концентрация лизоцима составила $10,59 \pm 0,57$, конечная $55,99 \pm 1,59$ мкг/г. В варианте пресной воды ($11,52 \pm 0,61$ в начале и $28,23 \pm 1,17$ мкг/г в конце) была существенно ниже ($p < 0,05$), чем в предыдущем.

Следует признать, на основании анализа полученных результатов, что во всех органах, выполняющих барьерную функцию в гуморальном иммунитете, отмечена сходная реакция на воздействии солености.

Анализ полученных в ходе исследований данных позволяет говорить о том, что искусственно выращиваемая молодь линия сохраняет высокий иммунный статус, присущий производителям.

5.4.3. Фагоцитарная активность лейкоцитов крови сеголетков стерляди, выращиваемых в разных рыбоводных системах

Подтверждением тому, что условия выращивания оказывают влияние на фагоцитарную активность лейкоцитов являются данные о величине индекса Гамбургера и числа Ройта у рыб, выращенных в различных рыбоводных системах (рис. 50, 51). Наименьшая величина обоих показателей была у рыб, выращиваемых в УЗВ, и составила $19,01 \pm 0,94$ % и $1,993 \pm 0,30$, соответ-

ственно. В садках и бассейнах существенно выше: $52,45\%$ и $2,211 \pm 0,31$ в первых и $54,68 \pm 1,58\%$ и $2,225 \pm 0,32$ во вторых.

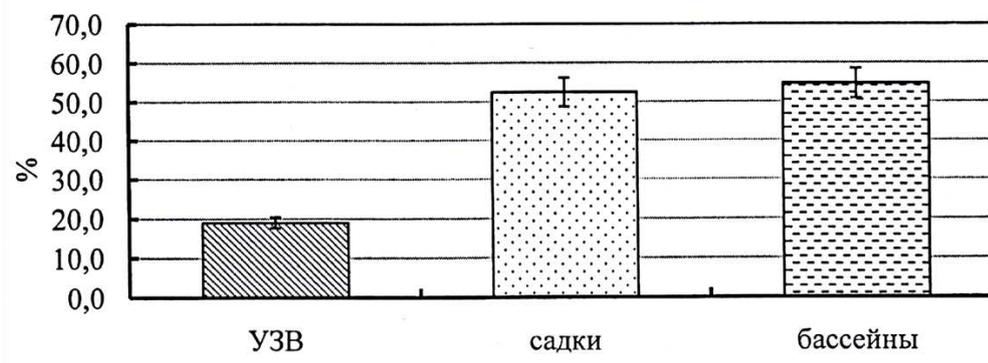


Рисунок 50 – Доля фагоцитирующих лейкоцитов крови сеголетков стерляди, выращенных в различных условиях (садки, бассейны, УЗВ)

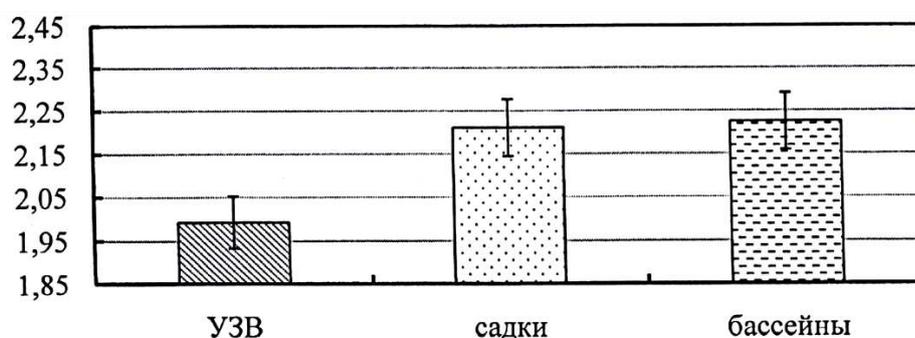


Рисунок 51 – Фагоцитарное число лейкоцитов крови сеголетков стерляди, выращенных в различных условиях (садки, бассейны, УЗВ)

Различия в величине показателей у рыб, выращиваемых в садках и бассейнах по сравнению с вариантом УЗВ достоверны при $p < 0,001$. Закономерность этого вытекает из особых условий выращивания молоди стерляди в УЗВ. Ранее отмечалось, что особенностью УЗВ является возможность управления абиотическими и биотическими факторами.

Ежедневная чистка бассейнов и не допущение накопления органики, как следствие, скопленный гетеротрофных бактерий, выбор биофильтра, работающего в режиме «кипящего слоя» снижают бактериальный фон в окружающей рыб воде. Все перечисленные факторы обеспечивают большую чистоту циркулирующей в УЗВ воды и стабильность условий выращивания.

В садках, установленных в водоеме-карьере «Прибрежный» и бассейнах, снабжаемых водой из р. Немонин условия отличаются нестабильностью: по температуре воды, по большинству факторов, перечисленных ранее. Кроме того, на сетном полотне садков, стенках и дне бас-

сейнов, резервуаров-распределителей воды накапливается органика, формируется среда, в избытке насыщенная микрофлорой. Особенностью водоема в месте размещения садков является накопление на дне в зоне дефицита кислорода органических осадков и, как следствие, поднятие в толщу воды токсичных продуктов анаэробного разложения. Особенностью водоисточника, из которого вода подается в бассейны, является подверженность р. Немонин сгонно-нагонным явлениям. При нагонах со стороны Куршского залива и р. Матросовки, несущей воду реки Неман, в ней существенно меняется гидрохимический режим. В июне-сентябре в воде реки массово присутствуют паразитические простейшие: триходины, аниозомы, хилодонеллы и др. [339], Все вышесказанное определяет большую фагоцитарную активность лейкоцитов у рыб в садках и бассейнах.

5.4.4. Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах сеголетков стерляди, выращиваемых в разных рыбоводных системах

Иммуноглобулины, выполняющие функции антител, являются биохимической основой специфического гуморального иммунитета [50, 133, 196]. Исследованиям были подвержены органы сеголетков стерляди, выращиваемых в садках и УЗВ (рис. 52).

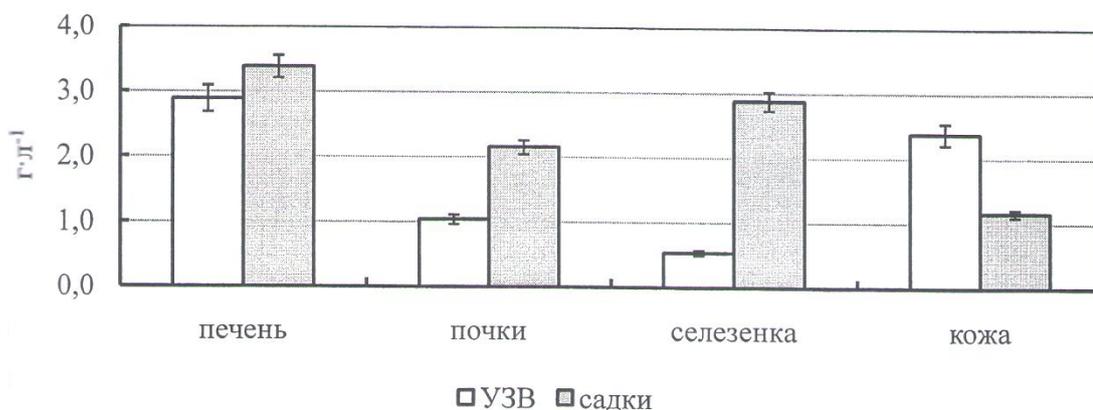


Рисунок 52 – Концентрация γ -глобулинов в организме сеголетков стерляди, выращенных в различных условиях

Максимальную концентрацию γ -глобулинов отмечали в печени сеголетков. Больше она была у рыб, выращиваемых в садках ($3,37 \pm 0,13 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$). Но разница с концентрацией γ -глобулинов у рыб из УЗВ ($2,89 \pm 0,11 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$) была не достоверной.

Достоверной ($p < 0,001$) была разница в концентрации γ -глобулинов в селезенке. Больше ($2,88 \pm 0,15 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$) она была у рыб из садков. У рыб из УЗВ $0,54 \pm 0,09 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$.

В почке сеголетков стерляди концентрация γ -глобулинов была достоверно выше ($p < 0,001$) у рыб из садков $2,15 \pm 0,16 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$, из УЗВ $1,04 \pm 0,11 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$. Также достоверно выше

($p < 0,001$), но у рыб из УЗВ, концентрация γ -глобулинов в коже ($2,38 \pm 0,19$ г·л⁻¹), у рыб из садков $1,16 \pm 0,13$ г·л⁻¹.

Учитывая то, что ткань почек и селезенки является основным местом синтеза иммуноглобулинов, то зафиксированное увеличение концентрации γ -глобулинов в этих органах сеголетков стерляди, выращиваемых в садках, подтверждает их активный синтез. Низкая концентрация γ -глобулинов в почке и селезенке у рыб из УЗВ свидетельствует об отсутствии их синтеза.

Высокая концентрация γ -глобулинов у сеголетков из УЗВ в коже указывает на перераспределение иммунной реакции на первом уровне защиты организма. Высокая концентрация в печени подтверждает активную работу органа в период интенсивного роста рыб.

Активный синтез γ -глобулинов в почке и селезенке сеголетков в садках, очевидно, связан с более напряженными условиями выращивания в данной рыбоводной системе. Более низкая концентрация γ -глобулинов в коже может говорить об усилении неспецифической иммунной реакции – увеличения концентрации лизоцима.

5.4.5. Концентрация лизоцима у сеголетков стерляди, выращиваемых в разных рыбоводных системах

Ранее было отмечено, что концентрация лизоцима зависит от биологических особенностей рыб и абиотических факторов, что позволяет использовать показатель для оценки физиологического состояния рыб [50]. Более высокую концентрацию лизоцима фиксируют в почке, селезенке, печени. В. И. Лукьяненко (1971) сообщает о более высокой концентрации лизоцима у осетровых рыб по сравнению с карповыми и окуневыми рыбами. Среди выделяемых авторами [50, 331] трех линий защиты организма рыб от патогенных организмов (кожа, слизь, кровь и внутренние органы) в исследованиях были выделены кожа, печень, почка, селезенка. Градиент изменения концентрации лизоцима в органах определяли на основании учета начальной и конечной ее величины, через 90 мин инкубации проб в термостате (прилож. 4, табл. 4.6).

Подтверждением ранее сделанного вывода о том, что у сеголетков стерляди из садков более низкая концентрация γ -глобулинов в коже вероятно связана с увеличением концентрации лизоцима служат данные исследований (рис. 53).

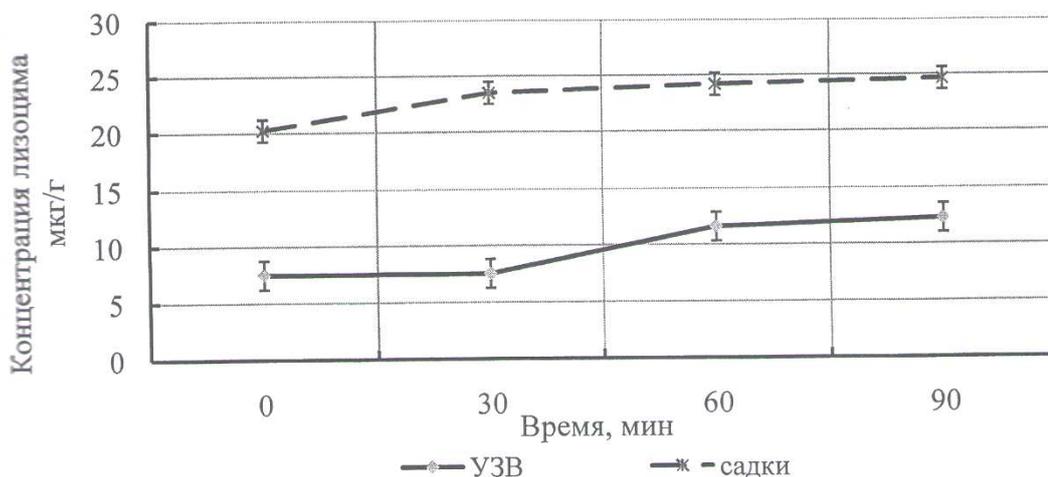


Рисунок 53 – Динамика концентрации лизоцима в коже сеголетков стерляди, выращенных в УЗВ и садках

Различия в начальной и конечной концентрации лизоцима в коже рыб из УЗВ ($7,50 \pm 0,58$ и $12,30 \pm 0,75$ мкг/г) и садков ($20,25 \pm 0,94$ и $24,19 \pm 1,01$ мкг/г) были достоверны при $p < 0,001$.

Данные различия говорят в пользу более благоприятных условий выращивания рыб в УЗВ. Ранее эти условия были охарактеризованы. Поэтому подтверждается ранее установленная связь, определяющая увеличение концентрации лизоцима с возрастанием пресса патогенной микрофлоры [50, 195].

Аналогичная тенденция в изменении концентрации лизоцима показана для почки: $4,70 \pm 0,47$ – $7,30 \pm 0,58$ мкг/г у рыб в УЗВ и $20,00 \pm 1,00$ – $22,20 \pm 1,01$ мкг/г у рыб в садках (рис. 54). Достоверность различий при $p < 0,001$. Увеличение концентрации лизоцима в печени и селезенке показано для рыб из УЗВ: $3,74 \pm 0,41$ – $5,20 \pm 0,49$ мкг/г и $10,00 \pm 0,21$ – $11,80 \pm 0,70$ мкг/г, соответственно (рис. 55, 56). У рыб в садках концентрация лизоцима в этих органах снизилась: с $19,97 \pm 0,95$ до $17,41 \pm 0,84$ мкг/г в печени и с $31,78 \pm 1,21$ до $31,13 \pm 1,19$ мкг/г в селезенке, но были выше, чем в УЗВ как на уровне начальных, так и конечных концентраций.

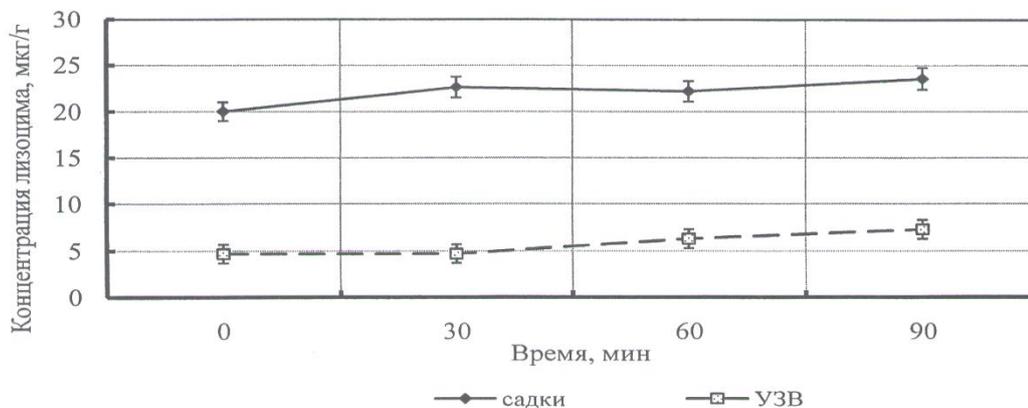


Рисунок 54 – Динамика концентрации лизоцима в почке сеголетков стерляди, выращенных в УЗВ и садках

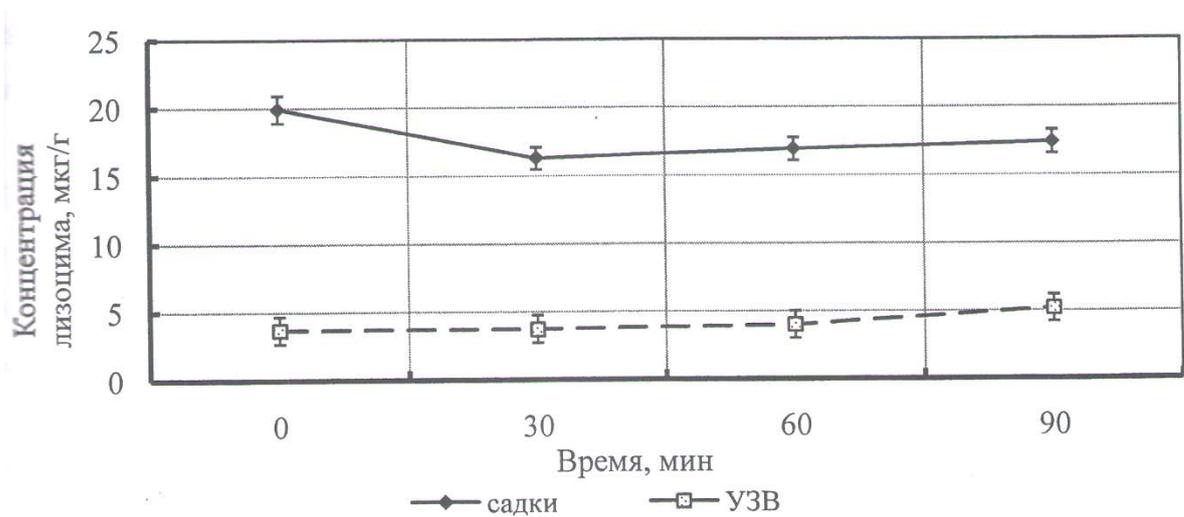


Рисунок 55 – Динамика концентрации лизоцима в печени сеголетков стерляди, выращенных в УЗВ и садках

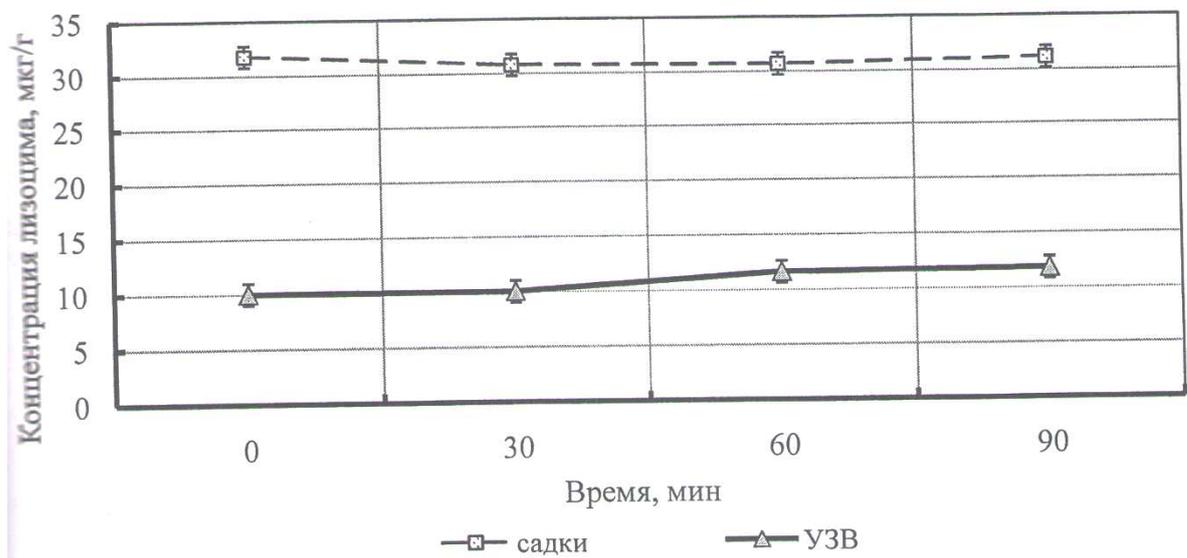


Рисунок 56 – Динамика концентрации лизоцима в селезенке сеголетков стерляди, выращенных в УЗВ и садках

Результаты наших исследований подтверждают данные В.И. Лукьяненко (1971) о том, что наибольшая концентрация лизоцима фиксируется в селезенке разных видов рыб. А максимальные концентрации лизоцима характерны для осетровых рыб. Причем вариабельность концентрации лизоцима у русского осетра, белуги, севрюги и стерляди минимальна по сравнению с представителями других семейств.

Полученные данные подтверждают более напряженные условия выращивания сеголетков стерляди в садках.

5.4.6 Концентрация γ -глобулинов в организме сеголетков стерляди, выращиваемых в солоноватой воде

Оценку влияния солености (3 и 6 ‰) на концентрацию γ -глобулинов проводили в режимах кратковременного (14 сут) и долговременного (100 сут) опытов (прилож. 4, табл 4.7).

В печени в кратковременном опыте она снизилась с $8,19 \pm 0,60$ г·л⁻¹ (пресная вода) до $6,49 \pm 0,52$ г·л⁻¹ (соленость 6 ‰) и $4,85 \pm 0,32$ г·л⁻¹ (соленость 3 ‰). Достоверность различий между вариантами пресной и солоноватой (3 ‰) воды подтверждена при $p < 0,001$. При длительном воздействии солености установлено увеличения концентрации γ -глобулинов в опытных вариантах по сравнению с контролем (пресная вода) в следующей последовательности: $1,19 \pm 0,23$ г·л⁻¹ – $1,90 \pm 0,28$ г·л⁻¹ (3 ‰) – $2,14 \pm 0,31$ г·л⁻¹ (6 ‰). Различия достоверны при $p < 0,01$ между вариантами солености 0 и 6 ‰. Данная динамика концентрации γ -глобулинов в печени сеголетков стерляди может говорить о стимуляции иммунного ответа в условиях длительного воздействия солености. Иная динамика в кратковременном опыте может говорить о настройке жизненных систем рыб на специфические условия обитания.

В селезенке концентрация γ -глобулинов в кратковременном опыте имела тенденцию снижения по направлению: $8,00 \pm 0,61$ г·л⁻¹ (0 ‰) – $4,53 \pm 0,45$ г·л⁻¹ (3 ‰) – $1,25 \pm 0,23$ г·л⁻¹ (6 ‰), что подтверждает ранее высказанное по отношению к изменению величины показателя в печени. В долговременном опыте изменение концентрации γ -глобулинов по направлению: $0,53 \pm 0,15$ г·л⁻¹ (0 ‰) – $5,18 \pm 0,47$ г·л⁻¹ (3 ‰) – $4,18 \pm 0,43$ г·л⁻¹ (6 ‰) подтверждает стимуляцию иммунного ответа на воздействие солености. Тем более, учитывая то, что селезенка и почка являются основными центрами синтеза γ -глобулинов.

В почке сеголетков в кратковременном опыте настройка иммунного ответа была заметной, что подтвердилось достоверно ($p < 0,001$) по отношению к варианту солености 3 ‰. Ранее при оценке влияния солености на рост, выживаемость молоди стерляди, величину индексов внутренних органов была отмечена неоднозначность ответа организма на соленость 3 и 6 ‰. Поэтому можно предположить, что соленость 3 ‰ не активировала синтез γ -глобулинов, а при солености 0 и 6 ‰ иммунный ответ был однозначным.

В долговременном опыте, наоборот, однозначным оказался иммунный ответ при солености 0 и 3 ‰ ($5,51 \pm 0,50$ и $5,51 \pm 0,51$ г·л⁻¹, соответственно). Концентрация γ -глобулинов в селезенке при солености 6 ‰ была ниже ($3,20 \pm 0,37$ г·л⁻¹), но на уровне недостоверности значений. Можно предположить, учитывая роль селезенки в синтезе γ -глобулинов, что к окончанию сто суточного периода выращивания иммунная реакция на соленость в диапазоне 0 – 3 ‰ у сеголетков стерляди достигла такого уровня, когда можно признать условия обитания рыб благоприятными.

Изменение концентрации γ -глобулинов в жабрах и коже, которые являются первым барьером иммунитета как в кратковременном, так и долговременном опытах, оказалось сходным по направлению. В кратковременном: $3,36 \pm 0,39$ (0 ‰) – $3,87 \pm 0,42$ (3 ‰) – $3,22 \pm 0,38$ (6 ‰) г·л⁻¹ в жабрах; $2,38 \pm 0,29$ (0 ‰) – $7,48 \pm 0,56$ (3 ‰) – $1,56 \pm 0,27$ (6 ‰) г·л⁻¹ в коже. Различия достоверны ($p < 0,01$ и $0,001$) по концентрационному показателю во всех вариантах в отношении кожи.

В долговременном: $2,89 \pm 0,30$ (0 ‰) – $3,87 \pm 0,40$ (3 ‰) – $3,12 \pm 0,34$ (6 ‰) г·л⁻¹ в жабрах; $2,88 \pm 0,29$ (0 ‰) – $6,17 \pm 0,53$ (3 ‰) – $4,30 \pm 0,44$ (6 ‰) г·л⁻¹ в коже.

Следует отметить, что изменение концентрации γ -глобулинов в исследованных органах сеголетков стерляди показывают неоднозначность реакции иммунной системы на соленость воды в диапазоне значений 3 – 6 ‰. Поэтому выращивание молоди стерляди в пресной воде можно признать предпочтительным.

Тем не менее наличие иммунной реакции на соленость 3 и 6 ‰, перераспределение центров синтеза γ -глобулинов, говорит о выработке у рыб адаптационных механизмов. Поэтому при пастбищном нагуле молоди стерляди в разных частях Куршского залива и вероятном периодическом изменении солености, она сможет приспособиться к новым условиям обитания.

5.4.7. Концентрация лизоцима во внутренних органах сеголетков стерляди при разной солености воды

Полученные в кратковременном (14 сут) и долговременном опыте (100 сут) данные позволяют говорить о преимущественно сходной иммунной реакции на условия содержания (прилож. 4, табл. 4.8). Особенностью этой реакции является разнонаправленность в изменении концентрации лизоцима в вариантах пресной воде и при солености 3 и 6 ‰.

Так, в кратковременном опыте концентрация лизоцима в печени в контроле (0 ‰) увеличилась с $28,90 \pm 1,15$ до $42,43 \pm 1,38$ мкг/г, при солёности 3 ‰ возросла с $18,54 \pm 0,90$ до $22,24 \pm 1,02$ мкг/г, при солености 6 ‰ уменьшилась с $45,30 \pm 1,40$ до $41,28 \pm 1,37$ мкг/г (рис. 57). В долговременном: с $3,74 \pm 0,49$ до $5,27 \pm 0,48$ мкг/г, с $18,54 \pm 0,90$ до $8,9 \pm 0,19$ мкг/г, с $11,30 \pm 0,78$ до $25,43 \pm 1,02$ мкг/г, соответственно.

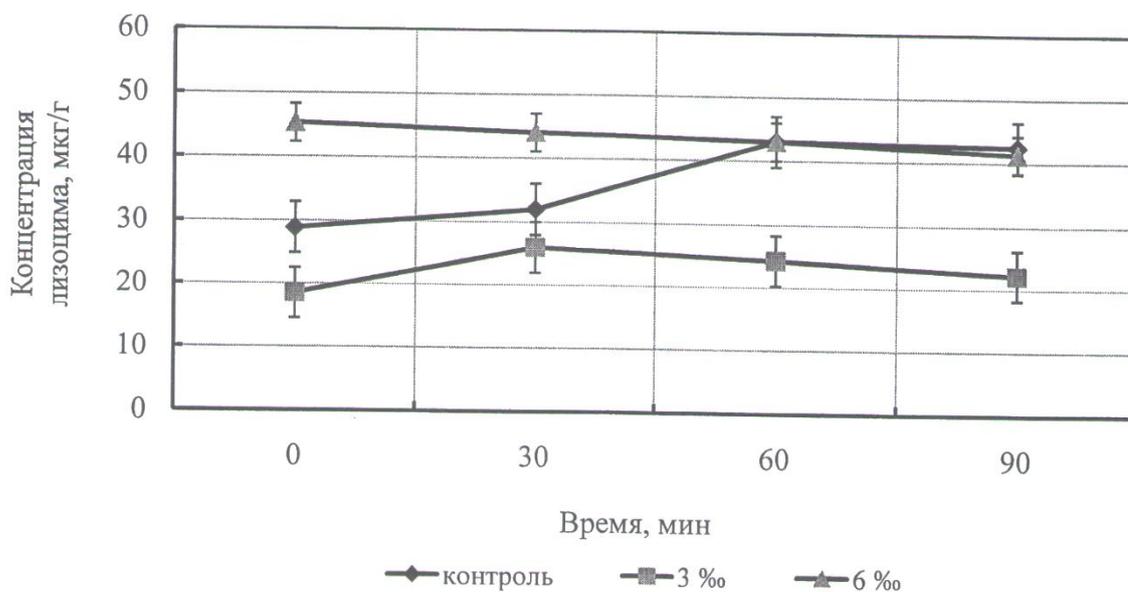


Рисунок 57 – Динамика концентрации лизоцима в печени молодежи стерляди

Увеличение концентрации лизоцима в долговременном опыте при воздействии солёности 6 ‰ можно связать с более интенсивным функционированием печени. Снижение при солёности 3 ‰ – со стабильным и эффективным функционированием органа и перераспределении лизоцима в организме.

В селезенке в кратковременном опыте концентрация лизоцима в контроле (0 ‰) увеличилась с $33,31 \pm 1,22$ до $39,19 \pm 1,34$ мкг/г, при солёности 3 ‰ снизилась с $12,23 \pm 0,76$ до $11,54 \pm 0,77$ мкг/г, при солёности 6 ‰ снижалась с $44,70 \pm 1,41$ до $39,19 \pm 1,34$ мкг/г (рис. 58). В долговременном: с $10,01 \pm 0,60$ до $11,81 \pm 0,78$ мкг/г, с $1,19 \pm 0,2$ до $10,54 \pm 0,71$ мкг/г, с $28,05 \pm 1,11$ до $19,43 \pm 0,94$ мкг/г, соответственно (рис. 59).

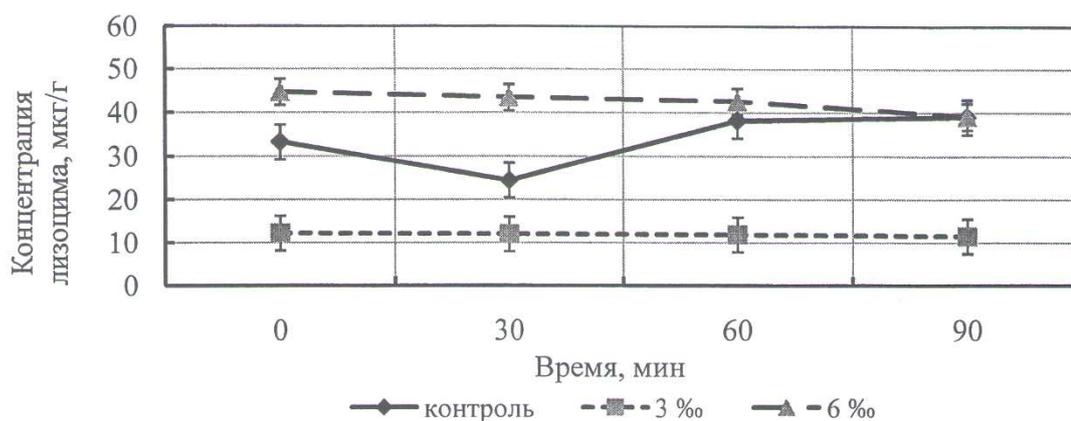


Рисунок 58 – Динамика концентрации лизоцима в селезенке молодежи стерляди

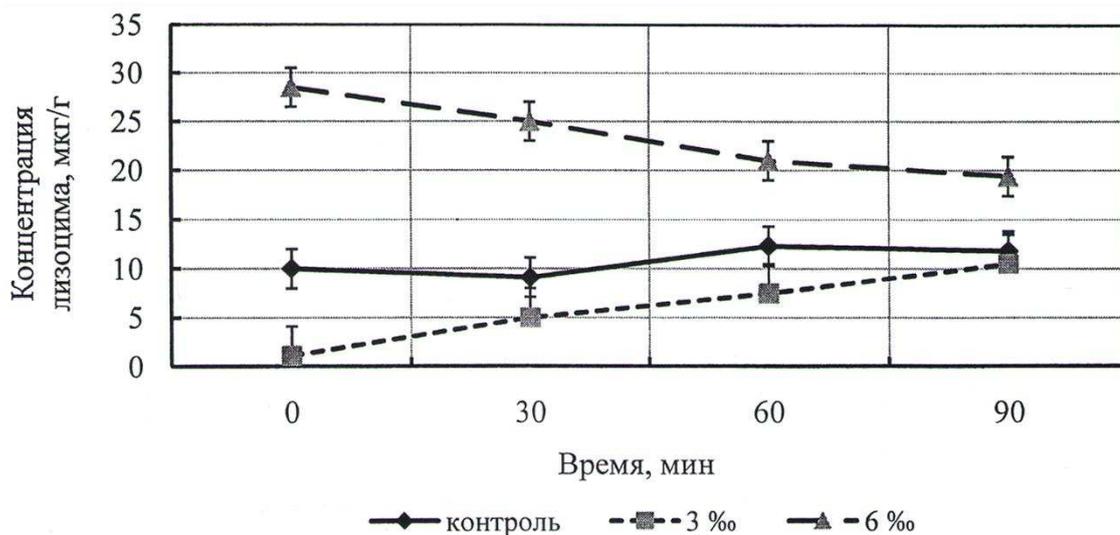


Рисунок 59 – Динамика концентрации лизоцима в селезенке молоди стерляди

Обращает внимание существенное снижение концентрации лизоцима в селезенке, а также печени при солёности 3 ‰, что может говорить, с одной стороны, о перераспределении лизоцима в организме, с другой, о минимизации синтеза лизоцима в селезенке. То же подтверждается по почке. В почке концентрация лизоцима в кратковременном опыте в контроле (0 ‰) увеличилась с $38,12 \pm 1,34$ до $40,16 \pm 1,36$ мкг/г, при 3 ‰ уменьшилась с $33,75 \pm 1,24$ до $20,78 \pm 0,98$ мкг/г и с $41,16 \pm 1,36$ до $39,28 \pm 1,35$ мкг/г при солёности 6 ‰. В долговременном: с $4,73 \pm 0,44$ до $7,31 \pm 0,62$ мкг/г, с $1,57 \pm 0,24$ до $10,05 \pm 0,60$ мкг/г, с $17,80 \pm 0,89$ до $24,97 \pm 1,01$ мкг/г, соответственно. Почка наряду с жабрами оказалась органом, в котором при всех параметрах среды при длительном выращивании молоди было зафиксировано возрастание активности лизоцима.

В жабрах концентрация лизоцима в кратковременном опыте в контроле (0 ‰) уменьшилась с $43,39 \pm 1,3$ до $41,83 \pm 1,37$ мкг/г, увеличилась с $25,87 \pm 1,62$ до $26,47 \pm 1,09$ мкг/г при солёности 3 ‰ и с $38,81 \pm 1,33$ до $44,09 \pm 1,40$ мкг/г при солёности 6 ‰. В долговременном: с $9,00 \pm 0,61$ до $10,90 \pm 0,71$ мкг/г, с $1,26 \pm 0,24$ до $9,41 \pm 0,65$ мкг/г, с $9,28 \pm 0,65$ до $22,74 \pm 1,02$ мкг/г, соответственно.

Ранее отмечалось, что наиболее стабильная иммунная реакция, оцениваемая по концентрации γ -глобулинов, была в жабрах. Однако картина в изменении концентрации лизоцима в жабрах не подтверждает такую стабильность. Однако, можно предположить, что более высокие значения концентрации лизоцима в жабрах при солёности 6 ‰ говорит в пользу больших затрат организма на выработку иммунной реакции. В связи с этим, более благоприятным для молоди стерляди следует признать режим солёности от 0 до 3 ‰.

В коже в кратковременном опыте концентрация лизоцима в контроле была близкой в начале ($39,91 \pm 1,35$ мкг/г) и конце ($39,29 \pm 1,35$ мкг/г) периода инкубации. При солёности 3 ‰ возросла с $9,50 \pm 0,66$ до $14,73 \pm 0,82$ мкг/г, при солёности 6 ‰ уменьшилась с $45,06 \pm 1,43$ до

40,60±1,36 мкг/г (рис. 60). В долговременном: с 7,58±0,58 до 12,04±0,75 мкг/г, с 14,73±0,82 до 9,06±0,64 мкг/г, с 8,25±0,60 до 26,50±1,10 мкг/г, соответственно (рис. 61).

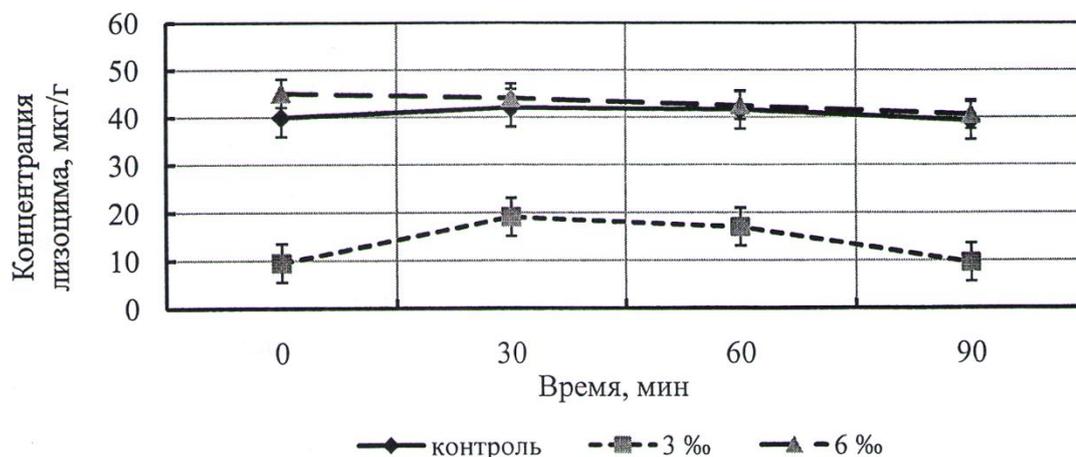


Рисунок 60 – Динамика концентрации лизоцима в коже молоди стерляди

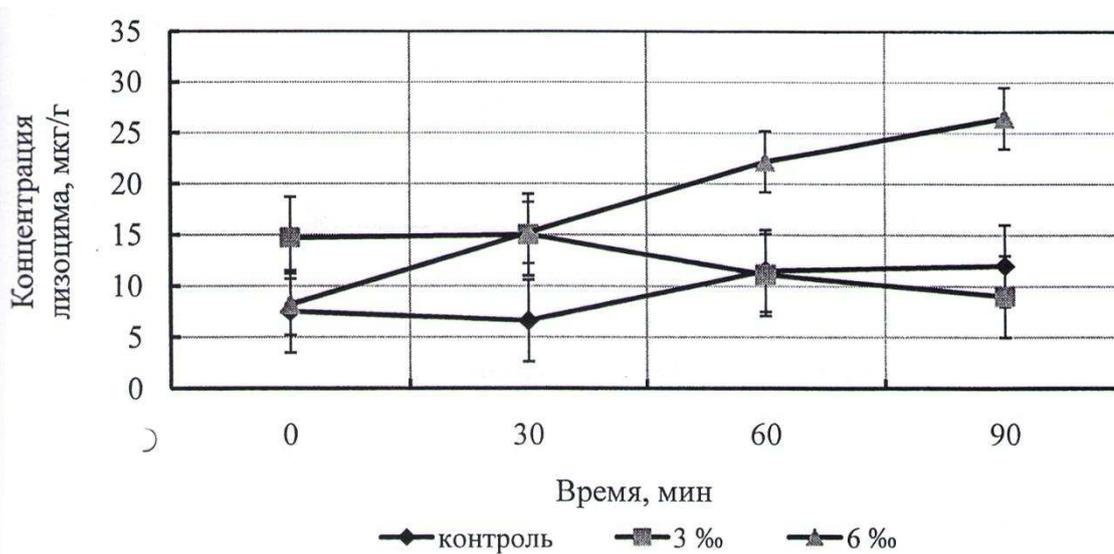


Рисунок 61 – Динамика концентрации лизоцима в коже молоди стерляди

Таким образом, оценивая иммунный ответ на действие солёности, можно признать, что более приемлемым для выращивания молоди стерляди является диапазон солёности 0 – 3 ‰. Но и при солёности 6 ‰ у молоди стерляди формируется адаптационный механизм, позволяющий приспособиться к ней, но при больших тратах энергии на иммунный ответ.

6. ПАСТБИЩНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

6.1 Технические решения

6.1.1 Щука

Целесообразно рассмотреть два варианта технических решений при создании и эксплуатации предприятий по искусственному воспроизводству щуки.

Первый основан на использовании воды из открытых водоисточников (реки, озера) для водоснабжения рыбоводных предприятий, функционирующих в прямоточном режиме. Местоположение предприятия привязано к водоемам (бассейны Куршского, Вислинского заливов), из которых вылавливают производителей и в которые выпускают молодь щуки. Так как это приведено в монографии (рисунке 5.1.1), отражающем расположение технических узлов в инкубационном цехе рыбколхоза «Им. Матросова» [33]. Вода забирается из р. Немонин насосом и подается в накопительную (распределительную) емкость, находящуюся в помещении, предварительно пройдя через ультрафиолетовое устройство. Механическую очистку воды проводят в пятислойном песчано-гравийном фильтре, предполагающем периодическую промывку обратным током воды. Подогрев воды на участке трубопровода, подводящего ее к бассейнам, в которых осуществляют инъекционное содержание производителей, проводят в устройстве терморегуляции, где теплоносителем является вода, нагретая до 80 – 90 °С. Дальнейшее усовершенствование технической схемы предусматривает установку блоков терморегуляции на ответвления трубопроводов, подающих воду из распределительной емкости на инкубационные аппараты и бассейны для выдерживания и подращивания молоди (прилож. 5, рис. 5.1).

Второй вариант основан на использовании озонированной воды в качестве подпиточной в установках замкнутого водоснабжения, которые объединены в рамках технологического процесса в границах одного помещения (прилож. 5, рис. 5.2).

Температура воды в установках для инъекционного содержания производителей, выдерживания и подращивания молоди щуки регулируется температурой воздуха. В инкубационной установке с помощью скоростного нагревателя. Отсутствие биофильтра в ней компенсируется постоянной подпиткой водой температурой 8 – 10 °С. В установке для инъекционного содержания производителей температура воды поддерживается в диапазоне 10 – 12 °С. В установке для молоди на этапе выдерживания личинок - 10 – 14 °С, на этапе подращивания молоди - 18 – 22 °С.

В качестве механического фильтра в установке для инъекционного содержания производителей, учитывая минимальное количество органических частиц, выносимых из бассейнов

(чешуя, слизь), целесообразно использовать конструкции со стабильной наклонной поверхностью (сетное полотно с ячейей отверстий 0,3 мм).

В установке для выдерживания и подращивания молоди, если второй этап биотехнического процесса не предусмотрен, то целесообразно устанавливать такой же фильтр. Если проводится подращивание, то барабанный фильтр, в котором ячейя отверстий сетного полотна 30 – 40 микрон.

В качестве биофильтров целесообразно использовать конструкции с неорганизованной загрузкой, периодически (1 – 2 раза в сутки) барботируемой сжатым воздухом полиэтиленовых гранул диаметром 3 – 5 мм. При определении объема загрузки биофильтра применяют для производителей соотношение: 1 кг рыбы : 1 л гранул (диаметром 3 мм) или 1 кг рыбы : 2 л гранул (диаметром 5 мм). При выдерживании личинок это соотношение будет 1 : 10 (гранулы 3 мм), при подращивании молоди 1 : 5.

Для содержания производителей целесообразно использовать прямоугольные бассейны размером 2(4)×0,7×0,8 м. Для выдерживания и подращивания молоди 2(4)×0,7×0,5 м. Уровень воды в первых 0,6 м, во вторых 0,3 – 0,4 м.

Насыщение воды кислородом проводят в напорных оксигенаторах, через которые пропускают 1/3 часть воды, выходящей из дегазаторов. В инкубационной установке насыщение воды кислородом проводят в накопительной (распределительной) емкости с помощью сжатого воздуха, подаваемого через распылители. Ежесуточная подпитка свежей воды в установке для инъекционного содержания производителей составляет 3 – 5 %, в установке для выдерживания и подращивания молоди 5 – 10 %. При длительности нерестового хода щуки в реках, впадающих в Куршский и Калининградский заливы, 1,5 – 2 мес, продолжительности инкубации одной партии икры 10 – 12 сут, выдерживания предличинок 12 – 14 сут, выращивания молоди массой 1 г 40 – 60 сут, общая продолжительность эксплуатации предприятия по искусственному воспроизводству составит 4 – 4,5 мес. В бассейне Куршского залива предприятие по искусственному воспроизводству щуки, аккамулирующего производителей из рр. Немогона, Матросовка, Тава и других целесообразно разместить на стрелке р.Матросовка и Приморского канала в районе насосной станции, откачивающей воду из польдера. Здесь же целесообразно разместить искусственное воспроизводство линя. Предприятие по искусственному воспроизводству щуки в бассейне Калининградского залива целесообразно разместить в береговой зоне р.Прохладная выше п.Ушаково.

6.1.2 Рыбец

Наличие на р. Шешупе подпора воды в виде плотины позволяет расположить предприятие по искусственному воспроизводству в нижнем бьефе. Высота падения воды из верхнего бьефа

около 2,5 м позволяет разместить предприятие на сваях, обеспечив, в одной стороны, самотечную подачу воды, с другой, слив воды, загрязненный органическими осадками в бассейны, размещаемые у основания свай, накопление их и периодический (осень, весна) вывоз на поля в качестве удобрений.

По аналогии с ранее описанным следует рассматривать два варианта технических решений при создании и эксплуатации предприятий по искусственному воспроизводству. Первый основан на проточном режиме водоснабжения предприятия и естественном фоне температуры воды. Воду из верхнего бьефа собирают в трубопровод, снабженный оголовком с решетками, защищающими от попадания механических и органических частиц, крупностью более 5 мм. По трубопроводу вода подается сначала в цех выращивания посадочного материала, затем в инкубационный цех, где установлены бассейны для производителей и инкубационные аппараты Вейса (прилож. 5, рис. 5.3). Такая последовательность в удалении цехов от существующей инфраструктуры обеспечивает тишину и минимизацию стрессирования не доместичированных производителей рыба. Водоснабжение аппаратов и бассейнов независимое. По длине водоподводящего трубопровода располагают дегазационные шахты, удаляющие из протекающей воды газы. Период работы с производителями, как правило, приходится на апрель – первую половину июня, когда температура воды в реке от 14 до 22 °С. Общая его продолжительность составляет около 2-2,5 мес. При этом, целесообразно, в целях поддержания генетического разнообразия популяции, отлавливать для искусственного воспроизводства производителей в течение всего нерестового периода.

В соответствии с хронологией технологического процесса производителей рыба на преднерестовое выдерживание, целесообразно, высаживать в бассейны, имеющие размеры 4(3)×1(1,3)×0,8(1) м. Такие размеры позволяют, с одной стороны, обеспечить достаточное пространство для размещения производителей, не приводящее к дискомфорту от переизбытка в единице объема воды, с другой, оперативно проводить сортировку и отбор рыб, подготовленных к проведению гипофизарных инъекций. Для инъекционного содержания производителей целесообразно иметь бассейны меньшего размера (2(4)×0,7×0,8 м; 1,5×1,5×1 м). Для стабилизации температурного режима в период преднерестового и нерестового содержания производителей на участке трубопровода, снабжающего водой инкубационный цех, устанавливают скоростной нагреватель воды. Это позволяет исключить резкие перепады температуры воды, забираемой из реки. Для того, чтобы исключить резкое (на 3 – 4 °С и более) повышение температуры воды при переводе производителей, выловленных в реке, в инкубационный цех, необходимо иметь адаптационные бассейны. В них подается вода непосредственно из реки, а также прошедшая скоростной нагреватель. Смешивание двух потоков позволяет постепенно повышать

температуру воды с градиентом не более 2 °С в сутки до значений, отмечаемых в преднерестовых и нерестовых бассейнах.

Цех для выращивания посадочного материала в соответствии с последовательностью этапов производственного процесса, имеет в составе бассейны разной формы и размера. Для выдерживания предличинок и подращивания личинок целесообразны прямоугольные бассейны (лотки) размером 2×1×0,5 м. При выращивании личинок и мальков – 1,5×1,5×0,8 м, 2×2×0,8 м. Уровень воды 0,4 – 0,6 м. В конце этапа выращивания мальков проводят сортировку на две – три размерные группы с помощью сортировальных ящиков. Отсортированную молодь рассаживают в бассейны большего размера: квадратные 3×3×1 м, прямоугольные 4(3)×2×1 м. Уровень воды 0,8 м. Возможны и другие размерные характеристики.

Выращивание посадочного материала проводят на речной воде с естественным фоном температуры воды. Но на этапе выдерживания и подращивания личинок необходимо поддерживать температуру воды, соответствующую той, что фиксировалась при инкубации икры (20 – 22 °С). Поэтому к этой группе бассейнов должна подаваться, как к адаптационным, смешанная вода из реки и после прохождения скоростного нагревателя. После адаптации личинок к температуре речной воды (градиент не более 1 °С в сутки) водоснабжение полностью переводится на речную составляющую водного баланса. В летний период, когда возможно снижение содержания растворенного в воде кислорода ниже 3 – 5 мг/л, необходимо повышать концентрацию кислорода воды в бассейнах. Для этого целесообразно на участке трубопровода, подводящего речную воду, устанавливать распылительные решетки (шланги с пористой поверхностью), через которые в воду нагнетают кислород от резервуаров или генераторов кислорода.

Более затратным по стоимости строительства и эксплуатационным характеристикам, но более эффективным по скорости роста молоди, достигаемым ею размерам, повышающим промышленный возврат, экономному расходу воды, экологичности, сопряженной с минимизацией сброса в реку технологической воды, является предприятие по искусственному воспроизводству рыбы, функционирующее по схеме оборотного водоснабжения.

Если взять за основу строительного решения размещение предприятия аналогично описанному выше, то бассейн для утилизации органического осадка, улавливаемого барабанным фильтром, можно разместить у основания свай. Экологичность предприятия просматривается также в существенном снижении забора воды из реки, как следствие, сброса технологической воды. При проточном режиме водоснабжения в первом варианте на прирост 1 кг рыбы затрачивается до 150 м³ воды, во втором 150 – 200 л [147]. В УЗВ, формирующих структуру предприятия на всех этапах производственного процесса, создается управляемый температурный и газовый режим. Это позволяет увеличить к сентябрю – октябрю долю выращенных до массы 1 г и более сеголетков, которых целесообразно выпустить на пастбищный нагул, а отстающих в ро-

сте оставить в УЗВ, в которой к апрелю – маю годовики достигнут средней массы 5 – 10 г. Срокам выпуска сеголетков и годовиков в естественные водоемы должен соответствовать график адаптации молоди к более низкой температуре воды. Согласно этого графика в адаптационных бассейнах температура воды должна понижаться с градиентом до 2 °С в сутки. Одновременно, при нахождении в адаптационных бассейнах, снабжаемых речной водой у молоди будет закрепляться «хоуминг» [295].

Следует отметить, что выпуск всей молоди только в р. Шешупе нецелесообразен, поскольку кормовая емкость в ней, а также в р. Неман, на пути миграции, крайне ограничена [339]. Поэтому часть молоди целесообразно живорыбным транспортом доставлять к устьевым участкам рр. Матросовка и Скирвите (Северная), в береговой зоне которых помещать в бассейны мобильных технологических модулей, снабжаемых речной водой [33]. Нахождение в них в течение 10 – 15 сут позволит закрепить у молоди «хоуминг», а после выпуска быстрый по времени и расстоянию доступ к богатым кормовым ресурсам Куршского залива.

Состав автономных УЗВ на предприятии ориентирован на: преднерестовое выдерживание производителей и нерестовое (инъекционное) содержание, инкубацию икры, выдерживание предличинок и подращивание личинок, выращивание посадочного материала до выпуска в реки.

В рассматриваемом варианте водозабор предусмотрен из реки. Поэтому забираемую воду прежде, чем подать на УЗВ необходимо обеззаразить с помощью озона и подогреть с помощью скоростного нагревателя. С учетом того, что время разрушения токсичных для рыб окислов составляет 15 мин, то необходимо аккумулировать забираемую из реки воду после контакта с озоном в емкости, куда подается сжатый воздух. Барботаж воды сжатым воздухом позволяет эффективней освободиться от окислов.

Автономная УЗВ для преднерестового и нерестового содержания производителей предполагает проведение завершеного производственного цикла: от адаптации (профилактической обработки) производителей к температурному режиму до получения половых продуктов и осеменения икры (прилож. 5, рис. 5.4). Отловленных в реке производителей помещают в бассейны, в которых проводится на первом этапе профилактическая обработка, а затем адаптация с градиентом увеличения температуры воды 2 °С в сут. Подача более теплой воды в эти бассейны осуществляется из УЗВ для преднерестового и нерестового содержания производителей.

Целесообразный размер бассейнов для преднерестового содержания производителей 2(3)×2(3)×1 м, инъекционного (нерестового) 1,5×1,5×1 м и 1×1×1 м. Размер бассейнов, в которых аккумулируют производителей перед взятием половых продуктов, 2(4)×0,7×0,8 м. В них предусмотрены проницаемые для воды перегородки, позволяющие разделять самцов и самок на две группы: до взятия половых продуктов и после. Если программой работ по искусственному

воспроизводству предусмотрен выпуск производителей рыбца по завершению рыбоводных манипуляций в нерестовую реку, то их переводят в адаптационные бассейны и после выравнивания температуры воды выпускают.

В качестве механического фильтра, учитывая минимальное количество взвешенных частиц в циркулирующей воде целесообразно использовать аналогичный ранее описанному – со стабильным наклонным сетным полотном (ячейка 0,3 мм). Для биологической очистки воды фильтры с неорганизованной загрузкой гранул из полиэтилена (диаметр 3 – 5 мм). Насыщение воды кислородом в оксигенаторе конусного типа. Поддержание температуры воды в УЗВ осуществляется через нагрев воздуха в помещении. Вариант нагрева воды предполагают использование теплонасосной установки, где источником тепла является земля или грунтовая вода [282, 448]. В рассматриваемых вариантах использование теплонасосной установки (ТНУ) обосновано, в большей степени, для первого, когда применяется проточный режим водоснабжения рыбоводных цехов. Если расширить период эксплуатации на зимне-весенний, то и в этом варианте предприятия можно при стабильном температурном режиме (18 – 20 °С), к апрелю – маю вырастить годовиков рыбца массой 5 – 10 г, как предусмотрено в варианте УЗВ [177].

В составе УЗВ для инкубации икры, учитывая продолжительность периода заготовки производителей, целесообразно наличие биофильтра «кипящего слоя» (биореактор), в который постоянно подается сжатый воздух, стимулирующий вращение гранул из полиэтилена. Вода из аппаратов Вейса попадает на синтепоновый фильтр, установленный на приемном бассейне (перед вылуплением предличинок снимается). Из бассейна насосом вода нагнетается в биофильтр, из которого самотеком проходит дегазатор со встроенными ультрафиолетовыми лампами и возвращается в инкубационные аппараты. Насыщение воды кислородом проходит в приемном бассейне через распылители, куда подается сжатый воздух, а также в биофильтре. Подпитка свежей воды составляет 10 – 20 % от всего объема циркулирующей в УЗВ воды [106].

УЗВ для выдерживания предличинок и подращивания личинок имеет в своем составе бассейны прямоугольной формы (лотки) размером 2×0,7×0,5 м с уровнем воды 0,2 – 0,4 м. Учитывая размеры предличинок и личинок, сливная часть бассейна может быть представлена либо перегородкой из сита номером (8-9 – 30-32), либо урвенной трубкой, на которую надет фонарь, обтянутый капроном. Механическую очистку технологической воды, выходящей из бассейнов, проводят в барабанном фильтре, сетное полотно которого имеет ячейку диаметром 30 – 40 микрон. От механического фильтра вода насосом подается на биофильтры с неорганизованной загрузкой гранулированного полиэтилена. Далее самотеком в дегазатор со встроенными ультрафиолетовыми лампами. Из дегазатора до 1/3 объема циркулирующей в УЗВ воды подается с помощью насоса в напорный оксигенатор. Далее этот поток смешивается с 2/3 объема воды, выходящей самотеком из дегазатора. После этого вода, обогащенная кислородом до 100 –

110 % насыщения, попадает в бассейны, в которых не допускается насыщение воды кислородом более 105 – 110 % насыщения по причине не допущения газовой эмболии у предличинок и личинок рыб [366, 254].

УЗВ для выращивания посадочного материала рыба принципиально по составу технических узлов не отличается от предыдущей (прилож. 5, рис. 5.5). Отличие в размере бассейнов, предпочтительно квадратной формы с закругленными углами, имеющих длину стороны 2 – 4 м, уровень воды 0,6 – 1 м.

6.1.3 Линь

С учетом преимущественного направления посадочного материала лinya на пастбищный нагул в Куршский залив, то, рассматривая два варианта водоснабжения рыбоводного предприятия, водоисточниками следует рассматривать реки, впадающие в залив. Целесообразность этого согласуется с ранее обоснованной структурой популяций лinya в бассейне Куршского залива и благополучном их состоянии, именно, в реках, которые следует рассматривать как банк производителей для искусственного воспроизводства [89]. Еще одной причиной этого является осолоненность артезианской воды в районах, прилегающих к заливу, повышенное содержание железа и не выясненная агрессивность ее по отношению к рыбам.

Особо следует отметить, что на личиночных этапах развития лinya подвержен поражению эктопаразитами, прежде всего, простейшими (аниозома, ихтиофтириус, хилодонелла и др.), вызывающими смертность личинок до 70 – 90 % в течение 2 – 3 сут. Поэтому воду, забираемую из рек, необходимо озонировать, поскольку ультрафиолетовое облучение не обеспечивает эффективное обеззараживание воды [30, 420]. В связи с этим и в варианте проточного водоснабжения, и в варианте оборотного, вода предварительно должна обеззараживаться.

Учитывая характер водозабора и вероятность переноса в реках постоянных или периодически образуемых скоплений ряски, тростника, аира, рогоза, а также механических взвесей, целесообразным является устройство в береговой зоне песчано-гравийного фильтра, в состав которого помимо зон фильтрации входят емкости (колодцы) приема очищенной воды и погружной (более производительный, менее энергоемкий) насос [33]. Последний нагнетает воду в емкость-накопитель, от которой вода подается к проточным технологическим блокам, инкубационной установке (стойка аппаратов Вейса), бассейнам для нерестового (инъекционного) содержания производителей, бассейнам для выдерживания предличинок и подращивания личинок, бассейнам для выращивания посадочного материала (прилож. 5, рис. 5.6). Представленная технологическая схема ориентирована на выращивание сеголетков и выпуск их в бассейн Куршского залива. При этом средняя масса молоди в октябре, как правило, 0,3 – 0,5 г с возможными отклонениями в меньшую сторону до 0,1 г, в большую до 3 – 4 г. При этом учитывается период

взятия зрелых половых продуктов в период с конца мая до первой половины июля. Однако, приведенные весовые кондиции молоди существенно снижают величину ожидаемого промыслового возврата от мальков массой 0,3 – 0,5 г (выпуск в августе) до 0,5 %, от сеголетков массой 0,4 – 4 г (выпуск в октябре) до 2 % [63]. Для повышения весовых кондиций выпускаемой молоди целесообразно с помощью теплонасосной установки устанавливать оптимальный температурный режим [280, 281].

Второй вариант предприятия основан на снижении прессы органической нагрузки на экосистему реки со стороны предприятия. В составе такого предприятия те же технологические блоки, как описано выше, но выступающие в форме автономных УЗВ (прилож. 5, рис. 5.7). Для доведения температуры подпиточной воды до близкой к той, что поддерживается в УЗВ, на выходе из накопительной емкости устанавливают скоростной нагреватель воды. В качестве теплоносителя используется вода, циркулирующая в УЗВ. Из накопительной емкости вода поступает в инкубационную установку, в состав которой входят стойка аппаратов Вейса, емкость (бассейн), оснащенная синтепоновым фильтром, встроенными ультрафиолетовыми лампами, колонкой активированного угля, насосом, который возвращает воду в инкубационные аппараты. Насыщение воды кислородом осуществляется в бассейне через распылители, к которым подается сжатый воздух. Подпитка свежей воды составляет не менее 100 % в сутки от общего объема циркулирующей воды. В УЗВ для нерестового содержания производителей подпиточная вода подается от накопительной емкости. Суточная подача воды 3 – 5 %. Бассейны для содержания производителей имеют размер 1×1×0,8 м. Уровень воды 0,6 м. Для механической очистки воды целесообразно использовать фильтр со стабильной наклонной поверхностью с сетным полотном ячеей 0,3 мм. Из него очищенная вода подается в биофильтр с неорганизованной загрузкой гранулированного полиэтилена. Из биофильтра вода поступает в дегазатор со встроенными ультрафиолетовыми лампами. Далее 1/3 часть воды поступает в напорный оксигенатор и после смешивания с основным потоком возвращается в бассейн.

Третья УЗВ предназначена для выдерживания предличинок, подращивания личинок и выращивания посадочного материала. В состав УЗВ входят две группы бассейнов: прямоугольные (лотки) размеров 2×0,5×0,5 м с уровнем воды 0,2 – 0,4 м, предназначенные для выдерживания предличинок и подращивания личинок, квадратные размером 1,5(2)×1,5(2) м с уровнем воды 0,6 – 0,8 м, предназначенные для выращивания посадочного материала. Из накопительной емкости подпиточная вода поступает в дегазатор со встроенными ультрафиолетовыми лампами. Суточная подпитка свежей воды 5 – 10 %. Вода, выходящая из бассейнов, попадает в барабанный фильтр с ячейей сетного полотна 30 – 40 мм. Из него очищенная вода насосом подается на биофильтры «кипящего слоя» (биореактор). Далее в дегазатор со встроенными ультрафиолетовыми лампами. Из него 1/3 объема циркулирующей воды насосом подается в оксигенатор

напорного типа и, пройдя его, соединяется с 2/3 воды, выходящей из дегазатора. После этого вода возвращается в бассейны (прилож. 5, рис. 5.7).

6.1.4 Стерлядь

Поскольку популяции стерляди, в отсутствие мероприятий, связанных с зарыблением, в бассейнах Немана и Куршского залива, на крайне низком уровне численности, то отлов производителей для целей искусственного воспроизводства проблематичен [52]. Поэтому в составе технологических блоков полноциклического предприятия по искусственному воспроизводству стерляди целесообразно наличие подразделения, обеспечивающего условия содержания и эксплуатации маточного стада. По аналогии с ранее рассмотренным, при искусственном воспроизводстве стерляди целесообразно рассмотреть два варианта водоснабжения. Первый, ориентированный на проточный режим, предполагает использовать в качестве водосточника реки, впадающие в Куршский залив. Сезонный характер работы предприятия на реке Немонин обосновывается высокой вероятностью ухудшения качества воды в зимний период. В то же время, круглогодичный режим работы предприятия возможен при размещении его на рр. Матросовка, Широкая, Скирвите (Северная). В этом случае может быть применена компоновка технических узлов, аналогичная той, что показана на рис. 5.8 (прилож. 5), а также ранее описанная для рыбца. Вода, прошедшая песчано-гравийный фильтр, насосом подается в накопительную емкость, в которой обогащается кислородом и распределяется по бассейнам, в которых выращивают молодь. Простота компоновки такого предприятия объясняется целесообразностью снижения затрат на строительство и эксплуатацию предприятия, функционирующего в режиме выращивания посадочного материала стерляди массой 10 г в течение двух месяцев, массой 70 – 90 г в течение четырех месяцев в пределах календарного года.

В то же время, учитывая гидрогеологические особенности польдеров в пределах значительной площади водосбора, включающего малые реки, ручьи, каналы, впадающие в Куршский залив, за счет наличия гидродинамического слоя в выемках грунта (карьеры) можно аккумулировать чистую отфильтрованную воду [33]. Причем качество ее сохраняется в течение круглого года. В этом случае возможна компоновка технических блоков предприятия по искусственному воспроизводству стерляди, которая совмещает индустриальную составляющую рыбоводного процесса с преимущественно природной системой биологической очистки воды так, как это показано на рис. 5.9 (прилож. 5). Технологическая вода, выходящая из предприятия, предварительно прошедшая через барабанный фильтр, попадает в систему мелиоративных каналов, в которой проходит первый этап биологической очистки воды. Далее вода попадает в водоем 1 (карьер) со спланированной мелководной зоной, заросшей аиром – наиболее эффективным поглотителем соединений азота и фосфора из протекающей воды [33]. Пройдя зону аира, вода в

зависимости от остаточных концентраций биогенов попадает в зону действия фито- и зоопланктона, утилизирующих по трофической цепи азот и фосфор. Далее, пройдя через песчаную перемычку, вода попадает в водоем 2 (карьер), где стабилизируется ее качество и откуда она подается на технологические блоки. Это может быть предприятие, состоящее из автономных УЗВ, размещаемых в помещении. Это могут быть бассейны, размещаемые под навесами на открытом воздухе. В первом случае речь идет о круглогодичном режиме работы полноциклического предприятия. Во втором – о сезонном характере работы. Объектами искусственного воспроизводства, включая круглогодичное содежание производителей, целесообразны стерлядь и динь.

В варианте круглогодичного режима работы УЗВ может иметь в составе технические узлы. Подогрев забираемой из водоема (2) воды и стабилизация температурного режима в УЗВ осуществляется с помощью теплонасосной установки [283]. Состав технических узлов проточной системы для выращивания посадочного материала стерляди показан на рисунке 5.10 (прилож. 5). Бассейны, входящие в комплектацию, представлены прямоугольными (лотками) размером $2 \times 0,5 \times 0,5$ м с уровнем воды 0,2 – 0,4 м и квадратными размером $2(3) \times 2(3)$ м с уровнем воды 0,6 – 1 м. В состав технических узлов УЗВ по выращиванию посадочного материала входят бассейны с такими же размерными характеристиками. В УЗВ для производителей в качестве биофильтров используют конструкции с неорганизованной загрузкой гранулированного полиэтилена. В УЗВ по выращиванию посадочного материала биофильтры «кипящего слоя» (биореакторы). Механическую очистку воды в барабанных фильтрах с ячейей сетного полотна 40 – 50 микрон. Насыщение воды кислородом в УЗВ для содержания производителей и выращивания посадочного материала предусматривает пропуск $1/3$ объема циркулирующей воды через напорный оксигенатор.

Для размещения предприятия в зоне полейдеров целесообразно использовать два карьера и мелиоративную сеть в районе п. Головкино Полесского района

6.1.5 Угорь

Целесообразность зарыбления Куршского и Калининградского (Вислинского) заливов подрощенной молодь угря обоснована теоретически и проверена на практике [31, 160].

Обосновывая состав и компоновку технических узлов предприятия по искусственному воспроизводству угря необходимо учитывать, что на первом этапе производственного процесса надо обеспечить условия для карантинизации личинок угря и избавление от возможного паразитоносительства. На втором – подрастить молодь до массы 3 – 5 г и выпустить ее на пастбищный нагул. На третьем – доращивать молодь, не достигшую к октябрю указанной массы, до

возраста годовиков (по пресноводному периоду жизни), когда их масса достигнет при управляемом температурном режиме 35 – 50 г [31].

В качестве источника водоснабжения предприятия целесообразно использовать артезианские скважины. С учетом предпочтения температуры, скорости роста молоди угря и желательных сроков выпуска на пастбищный нагул, основываясь на сроках поставки стекловидного угря (декабрь – апрель) обосновывается целесообразность использования для выращивания УЗВ (прилож. 5, рис. 5.11).

В составе технологических блоков предприятия предусмотрены две автоматические УЗВ. Первая для проведения карантинизации. С учетом месячного периода карантина через эту УЗВ можно провести последовательно группы молоди завозимой с интервалом в 1 месяц [31]. Подпитку артезианской воды (суточная 5 – 10 % от общего объема циркулирующей в УЗВ) проводят, пропуская её через скоростной обогреватель [31].

Размер квадратных бассейнов для личинок угря, с учетом возможности проведения двух сортировок, удаления снулой рыбы, остатков корма, как правило, 1(1,5)×1(1,5)×1 м, с уровнем воды 0,5 – 0,8 м. В качестве биофильтров, с учетом плотности посадки личинок и уровня водообмена, целесообразно использовать конструкции «кипящего слоя» (биореакторы). В качестве механических фильтров барабанные с ячейей сетного полотна 30 – 50 микрон. Насыщению воды кислородом подвергают весь объем, циркулирующей в УЗВ. Для этого используют оксигенатор, в котором вода насыщается до 100 – 120 %. Обеззараживание воды проводят в дегазаторе, куда встроены ультрафиолетовые лампы. В УЗВ по выращиванию посадочного материала используют круглые или квадратные бассейны диаметром (длиной стороны) 2 – 3 (2-3) м с уровнем воды 1 м. В качестве биофильтров используют биореакторы, механических – барабанные фильтры с ячейей сетного полотна 30 – 50 микрон. Насыщение воды кислородом проводят в напорном оксигенаторе, через который пропускают 1/3 объема циркулирующей воды.

6.2 Биотехника искусственного воспроизводства

6.2.1 Щука

6.2.1.1 Сроки и районы заготовки производителей

Согласуются со сроками ледохода в реках, ручьях, каналах, распалением льда в предустьевой зоне рек со стороны заливов, периодом постепенного прогрева воды до 10 – 12 °С, когда, в основном, завершается нерест. По многолетним наблюдениям средние сроки отлова производителей приходятся на период с середины марта до середины апреля. Самые ранние сроки начала отлова производителей конец февраля – начало марта. Самые поздние – первая декада мая [188, 350].

В Куршском заливе наибольшее количество производителей щуки на нерест идет в рр. Немонин, Матросовка, Товарная (Тава). Районы отлова производителей, привязаны к месту расположения предприятия(й) по искусственному воспроизводству щуки. Места отлова располагаются, начиная от предустьевой стороны заливов и далее вверх по течению рек. Верхняя часть рек (на примере р. Немонин), где возможен отлов производителей, находится на расстоянии до 20 км от устья. Отлов производителей проводят в период нерестового хода как в русловой части рек так и в прибрежных, сочлененных с выходом ручьев, каналов, участках.

Перспективной для искусственного воспроизводства является восточная часть бассейна Куршского залива в пределах водосбора рр. Промысловая, Рыбная, Широкая, Узкая, Дальняя. Проведение мелиоративных работ позволит, учитывая обширные площади для нагула щуки в этой части залива, восстановить ее промысловый запас и вылов от современного, крайне малого (не более 1 т), до отмечаемого в 50 – 70-е годы прошлого столетия [33, 131, 252].

В бассейне Калининградского (Вислинского) залива основным районом заготовки производителей является р. Прохладная на протяжении от средней части до устья. Именно эта зона, вмещающая многочисленные каналы и заливаемая паводковыми водами, является основным нерестилищем щуки в российской части бассейна Калининградского залива. Отлов производителей целесообразно проводить сразу после распаления льда в русловой зоне реки, а также в районах сочленения с мелиоративными каналами.

Для отлова производителей целесообразно использовать следующие орудия лова: вентера, ставные сети с ячеей 50 – 70 мм, ботовые сети с ячеей 50 – 70 мм. Применение ботовых сетей эффективно, когда температура воды повышается до 5 – 8 °С. В этот период большая часть производителей находится в прибрежной зоне рек, каналов, поросшей прошлогодней растительностью. Причем, значительная часть самок и самцов могут быть текучими.

Отловленных производителей помещают в прорези или бассейны, установленные на рыболовных ботах или катерах и транспортируют к предприятию(ям) по искусственному воспроизводству щуки. На 1 м³ объем воды в транспортной емкости сажают до 20 производителей средней массой 2 – 3 кг. При транспортировке более 2 ч должна быть предусмотрена аэрация воды в транспортной емкости. Доставленных к предприятию текучих самок, а также самцов в требуемом количестве (соотношение самок и самцов при взятии половых продуктов 1:3), переносят в бассейны предприятия. После подготовки инструментария и инкубационных аппаратов приступают к сцеживанию половых продуктов. Самок и самцов, не готовых отдать половые продукты, помещают в садки или бассейны и в дальнейшем приступают к их инъектированию.

При доставке производителей щуки на предприятие необходимо их разделять по полу. Самок дополнительно разделяют по выраженности вторичных половых признаков на две груп-

пы: первая, характеризуемая мягким брюшком и выраженной генитальной порой у рыб; вторая, характеризуемая менее выраженными признаками.

6.2.1.2 Преднерестовое содержание производителей

Преднерестовое содержание в садках или бассейнах предполагает плотность посадки до 5 самок средней массой 2 – 3 кг, до 10 самцов средней массой 0,7 – 1,5 кг на 1 м³. Преднерестовое содержание при температуре воды 5 – 8 °С не гарантирует овулирование икры у самок щуки. Возможный процент созревших самок – до 50 % [188].

При отклонении температуры воды в нижнюю сторону овулирование икры у самок не происходит. Во время преднерестового содержания самок первой группы проверяют на текучесть раз в 2 дня при температуре воды 5 – 8 °С, ежедневно при 9 – 10 °С. Самок второй группы проверяют раз в 4 дня при температуре 5 – 8 °С, раз в 2 дня при температуре воды 9 – 10 °С.

6.2.1.3 Стимулирование созревания производителей, получения зрелых половых продуктов, осеменение, инкубация икры

Для гарантированного и ускоренного созревания производителей, в том числе при пониженной температуре воды, целесообразно проводить гормональное стимулирование. Причем спермацию у самцов вызывает применение инъекций карповым (лещевым, сазаньим) гипофизом. У самок овулирование икры происходит при применении щучьего гипофиза. При температуре воды, при которой содержатся производители, 4 – 8 °С схема гипофизарных инъекций следующая: – самкам делается предварительная инъекция щучьего гипофиза, из расчета 0,3 – 0,5 мг/кг. Через 12 ч разрешающая, из расчета 3 – 4 мг/кг массы самки. Если через 12 ч овулирование икры не происходит, то вводят дополнительную дозу инъекционного материала в количестве 3,5 – 4,5 мг/кг. При отсутствии овулирования с интервалом 12 ч можно сделать еще две инъекции, каждая из которых увеличена по отношению к предыдущей на 0,5 мг/кг. Если результат не достигается, то самок отбраковывают; – самцам делают одну инъекцию, одновременно, с разрешающей для самок, из расчета 1,5 – 2 мг/кг карпового гипофиза. Спермация наступает в течение нескольких часов. При температуре воды 9 – 12 °С самкам достаточно одной разрешающей инъекции, из расчета 3 – 4 мг/кг, самцам из расчета 1,5 мг/кг.

Целесообразно, в период преднерестового и нерестового содержания производителей щуки поддерживать температуру воды в пределах 9 – 12 °С, что гарантирует ускоренное созревание производителей, независимо от исходного состояния при поимке, в течение 2 – 5 сут. Адаптацию производителей к искусственному температурному режиму проводят с градиентом 2 °С/сут.

Для обездвиживания производителей перед взятием половых продуктов можно рекомендовать два метода: – более быстрое усыпление при использовании раствора хинальдина из расчета 2 мл растворенных в 20 мл спирта и разбавленных в 40 л воды. Усыпление происходит в

течение одной минуты. Восстановление подвижности после помещения производителей в проточную воду через 3 мин; – медленное усыпление, но безболезненное для рыб, происходит при помещении в раствор гвоздичного масла (прописцин) при концентрации раствора для щуки 0,045 мл/л. Возможная концентрация апробированная нами 0,07 – 0,1 мл/л [334, 366, 433]. Продолжительность обездвиживания 5 – 10 мин. Возвращение подвижности происходит после помещения рыб в проточную воду в течение 5 – 15 мин.

После обездвиживания в растворе хинальдина рыб обмывают чистой водой и только после этого приступают к получению зрелых половых продуктов. После обездвиживания в растворе прописцина исключают попадание воды на жабры, что может вызвать быстрое восстановление подвижности рыб.

Максимальный объем икры, которую можно ссесть от 10 – 12 кг самок составляет 3 – 4 л, от 2 – 3 кг до 1 л. Максимальный объем икры сцеженный нами от 18 кг самки щуки выловленной в р. Немонин составил 5 л [33]. Икру следует сцеживать отдельно от каждой самки в эмалированный таз. После сцеживания таз с икрой, покрытый материей (марлей) следует отставить в затененное место на 3 – 4 ч. Это способствует доведению всей икры до стадии высокой способности к оплодотворению. Операции по получению зрелой спермы и осеменению икры описаны ранее.

Время между осеменением и завершением отмывки икры от остатков спермы не должно превышать 3 – 4 мин. С учетом того, что набухание икры, связанное с обводнением перевителлинового пространства, проходит в течение 3 ч и сопровождается увеличением объема помещенной в аппараты Вейса икры в 2-3 раза, то количество загружаемой после отмывки икры ограничивают 1 – 1,5 л на стандартный объем аппарата 7 – 8 л.

На первом этапе инкубации икры до стадии закрытия бластопора (34 – 40 градусо-дней от оплодотворения) проточность воды в аппарате Вейса для снижения травмирования икры не превышает 0,1 – 0,2 л/мин. После прохождения этой стадии проточность воды повышают до 1 – 2 л/мин. За 4 – 5 сут до вылупления до 3 – 5 л/мин.

Манипуляция с икрой (отбор «мертвой» икры, пораженной сапролегнией, обработка икры в растворе малахитового зеленого или фиолетового «К») проводят при наборе 60 – 80 градусо-дней (начало стадии пигментированных глаз), когда чувствительность икры к механическим воздействиям резко снижается. Методика обработки икры растворами малахитового зеленого и фиолетового «К» стандартная [33]. Время экспозиции до 15 мин.

Процент оплодотворения икры не должен быть ниже 90 %, что говорит о высоком качестве половых продуктов. Выход предличинок с инкубации не менее 70 %.

6.2.1.4 Выдерживание предличинок, подращивание молоди щуки

Продолжительность выдерживания предличинок ограничивается суммой градусо-дней 140. Оптимальная температура воды 12 – 15 °С. Расход воды в прямоугольных бассейнах (лотках) составляет 10 л/мин. Плотность посадки предличинок при уровне воды 0,2 – 0,3 м составляет 75 тыс. шт./м² (50 – 100 тыс. шт./м²). Интенсивность освещения над поверхностью воды 50 люкс. Отход предличинок за период выдерживания до 10 %.

По истечении периода выдерживания предличинок выпускают на пастбищный нагул.

С учетом временной структуры нерестового хода, продолжительности инкубации икры при температуре воды 9 – 10 °С, продолжительности выдерживания предличинок при температуре воды 10 – 12 °С нами предложена полициклическая технология получения посадочных личинок щуки. При продолжительности нерестового хода 1 мес применение данной технологической схемы, предусматривающей использование части рыбоводного оборудования (инкубационные аппараты, бассейны) 2 раза в течение всего периода рыбоводных работ оказалось возможным увеличить мощность инкубационного цеха рыбколхоза им. Матросова в 1,2 раза. При увеличении продолжительности нерестового хода щуки до 2 мес производственная мощность цеха возрастет более чем в 1,5 раза.

Для снижения потребности в производителях и повышения процента промыслового возврата целесообразным становится подращивание молоди щуки. Биотехника подращивания разработана нами для условий УЗВ и благоприятного температурного режима (18 – 22 °С). Продолжительность периода до 60 сут. Конечная масса молоди около 1 г. Кормление молоди следует проводить по схеме: первые 3 – 5 сут науплиями артемии (50 % от массы рыб). Одновременно каждые сутки дают сухой стартовый корм (Aller Futura или его аналоги), начальная суточная доза 5 %, к концу этапа 10 %; 6 – 9 сут – суточная доза сухого стартового корма доводится до 30 – 40 %; 10 – 15 сут – суточная доза корма постепенно снижается до 30 %; 16 – 30 сут – суточная доза корма постепенно снижается с 30 до 25 %; 31 – 60 сут – суточная доза корма постепенно снижается с 25 до 22 % от массы рыб. Количество кормлений в первые 15 сут 8 раз в день. В последующие дни снижается до 4 раз. Выживаемость 1 г молоди от выдержанных предличинок составляет 50 %. Водообмен в бассейнах 1 раз/ч. Уровень воды до 0,4 м. Плотность посадки выдержанных личинок до 5 тыс. шт./м². При нормативной величине процента промыслового возврата от выпуска выдержанных предличинок щуки 0,1 %, возможная величина показателя, согласующаяся с данными литовских и польских ученых для 1 г молоди может составлять 6 % [558].

6.2.1.5 Выпуск молоди

Зарыбление Куршского, Калининградского заливов и других водоемов региона молодью щуки является одним из главных звеньев в биотехнике разведения, поскольку от того, насколько

ко обосновано проведено вселение в те или иные районы, от того насколько личинки и мальки будут обеспечены благоприятными абиотическими и биотическими условиями, прежде всего пищей, зависит величина промыслового возврата. При вселении личинок учитывают то, что они попадают, при наличии в развитии миграционного цикла, в заливы в результате ската по рекам и каналам, находясь на личиночных и мальковых этапах развития.

При выпуске на пастбищный нагул личинок следует рассматривать два варианта вселения: в реки, пойменные озера, имеющие связь с водотоками, каналы и в прибрежную мелководную зону заливов.

Первый вариант целесообразен для личинок, полученных от производителей ранних и средних сроков нереста. При выпуске их в районы, находящиеся в зоне охвата половодьем, с более высоким термическим режимом и развитой кормовой базой, чем в заливах, достигается положительный эффект, проявляемых в более интенсивном росте и выживаемости.

С изменением гидрологических условий в районах обитания в результате спада паводковых вод создаются условия, принуждающие молодь щуки к скату в заливы, где к тому времени вода прогревается и развивается разнообразная по видовому и размерному составу кормовая база. Прибрежная зона заливов начинает в это время аккумулировать скатывающуюся молодь рыб – потенциальных жертв для молодежи щуки.

Второй вариант целесообразен для выпуска личинок, полученных от производителей среднего и позднего сроков нереста. При этом основная часть молодежи вселяется в залив по его периметру, но в зонах удаленности от устья рек и каналов, чтобы уменьшить пресс хищничества от ранее выпущенной и подросшей к этому времени. Меньшая часть выпускается в реки и каналы с целью сохранения присущей структуры популяций щуки, имеющих присущий им нерестовый биотоп. Возможный график выпуска личинок щуки, в нерестовый биотоп которой включены р. Немонин и притоки представлен в табл. 5.1 (прилож. 5). Различия в объеме выпуска личинок учитывают, с одной стороны, мощность инкубационного цеха рыбхоза им. Матросова (2,0 млн шт.), с другой, приемную емкость Куршского залива (12,0 млн шт.). При выпуске подрощенной до 1 г молодежи обоснованным будет выпуск ее в устьевой зоне реки и прибрежной полосе залива.

Биотехника выпуска молодежи щуки состоит из нескольких этапов. Первый этап – вылов из бассейнов и учет. Личинок учитывают объемным методом, 1 г молодежи весовым [188, 350]. Второй этап – перенос личинок в двойные полиэтиленовые пакеты, в которые предварительно залито 10 л воды. В один пакет сажают 50 тыс. шт. личинок. После посадки личинок в пакеты закачивают кислород. Пакеты размещают в транспортные средства и перевозят к местам выпуска личинок. Продолжительность транспортировки при температуре воды 12 – 18 °С может составлять до 15 ч. Личинок выпускают в прибрежной зоне озер, рек, каналов, заливов, вдоль берегов.

На 1 м прохода лодки выпускают в среднем 10 личинок. Выпуск личинок проводят вблизи зарослей высшей водной растительности в тихую погоду в вечернее время после 15 – 16 ч, в пасмурную погоду в течение всего дня. Подрощенную до 1 г молодь из контейнеров сливают по желобу в бассейны (лотки), размещаемые на транспортных средствах с осадкой до 0,5 м. Для перемещения молоди в водоем используется сифон.

6.2.2 Рыбец

6.2.2.1 Сроки и районы заготовки производителей

Производителей рыбца заготавливают в период с середины апреля до середины июня в районе естественных нерестилищ в р. Шешупе. Нерестилища рыбца располагаются на участке реки от нижнего бьефа плотины в г. Краснознаменске до п. Тимирязево. Протяженность реки в границах нерестилищ 4 – 5 км.

В качестве орудий лова используют закидные неводы, вентера. Применение ставных (ботовых) 40 – 50 мм сетей возможно, но сопровождается частичным нарушением чешуйчатого покрова у производителей.

После адаптации в приемном бассейне производителей рассортировывают по полу, самок по степени выраженности вторичных половых признаков и рассаживают в отдельные бассейны. Самок разделяют на три группы по следующим внешним проявлениям:– самки, имеющие заметное мягкое брюшко, при пальпации выделяется несколько икринок;– самки, имеющие сходные признаки, но икринки при пальпации не выделяются;– самки с твердым брюшком.

При размещении предприятия в нижнем бьефе плотины производителей, выловленных на ближнем нерестилище, доставляют к адаптационному бассейну в носилках.

6.2.2.2 Преднерестовое содержание и стимулирование созревания половых продуктов

Самки рыбца при отлове имеют различную степень зрелости половых клеток (от IV незавершенной до V). Самцы, как правило, все текущие, имеют выраженный брачный наряд и жемчужную сыпь как на жаберных крышках, так и по краям чешуй. Разделенных по полу и выраженности внешних половых признаков производителей высаживают в бассейны с плотностью посадки самок 15 кг/м³, самцов 20 кг/м³. В период преднерестового содержания при температуре воды 18 – 21 °С самок первой группы проверяют на текучесть ежедневно, самок второй раз в три дня, третьей раз в пять дней.

Операции по получению зрелых половых продуктов проводят с самками, которые имеют наиболее выраженные вторичные половые признаки. Так как эти самки имеют высокую степень готовности к нересту, то для стимулирования овулирования икры им делают одну разрешающую инъекцию карпового (лещевого, сазаньего) гипофиза из расчета 3 мг/кг. Овулирование икры наступает через 12 ч. Созревают все самки. Для получения второй порции икры самкам пер-

вой группы после 7 – 8 сут выдерживания делают дробную инъекцию: предварительную из расчета 0,3 мг/кг, через 12 ч разрешающую 3 мг/кг. Овулирование икры наступает через 12 ч. Созревают все самки. Третью порцию икры не получают из-за низкого качества икры.

Самкам второй группы делают предварительную инъекцию из расчета 0,3 мг/кг, через 24 ч разрешающую из расчета 3 мг/кг. Овулирование наступает через 12 ч. Созревают 50 – 60 % самок.

Остальным самкам делают дополнительную инъекцию из расчета 4 мг/кг. Через 12 ч созревают все самки. Икра из второй порции у самок этой группы низкого качества или на стадии резорбирования. Поэтому использовать самок этой группы повторно не целесообразно. Так же как самок третьей группы, которые после недельного преднерестового выдерживания и инъектирования созревают частично (25 – 28 %) и дают икру низкого качества. Гормональное стимулирование самцов не проводят, так как практически все они текучие.

6.2.2.3 Получение зрелых половых продуктов, осеменение, обесклеивание икры

Обездвиживание производителей проводят либо спиртовым раствором хинальдина (2 мл + 20 мл спирта + 40 л воды), либо раствором прописина (0,04 – 0,05 мл в 1 л воды). Время усыпления в первом случае 1 – 2 мин, во втором 5 – 15 мин. Восстановление подвижности у производителей после помещения в проточную воду 1 – 3 мин. В начале отцеживают сперму самцов в отдельные пробирки. Икру от самок отцеживают в эмалированную миску объемом 0,5 – 1 л. Осеменение икры проводят модифицированным мокрым способом при соотношении самцов и самок 3:1 [286]. Процент оплодотворения икры около 90 %. После осеменения и выстаивания в покое содержимого миски в течение 2 – 3 мин приступают к обесклеиванию икры. Обесклеивание икры в растворе молока (1:10) происходит в течение 30 – 40 мин. При применении для обесклеивания раствора танина (5 г в 10 л воды) время экспозиции 20 – 25 с.

6.2.2.4 Инкубация икры

Отмытую икру помещают на инкубацию в стандартные аппараты Вейса (7 – 8 л) с плотностью посадки до 120 тыс. шт. (100 – 150 мл). Оптимальная для инкубации икры рыба температура воды 16 – 20 °С. Вылупление предличинок проходит через 3-5 сут (табл. 21).

Таблица 21 - Длительность эмбриогенеза рыба из р. Шешупе

Этап развития	Температура, °С	Возраст, ч
Образование перивителлинового пространства	18,5	1,2
Дробление	17,3	10 ч
Бластула	17,6	20 ч
Гастроула	17,7	44
Органогенез	17,8	61
Сегментация	18,7	68
Выклев	18,6	72

Длительность эмбриогенеза у рыбака р. Шешупе при 18 °С составляет 1299 градусо-часов. Повышение температуры воды до 20,7 °С при инкубации икры неманского рыбака, сокращает сумму градусо-часов до 1245 [46, 177, 330]. Снижение температуры воды до 13 – 14 °С существенно удлиняет время инкубации.

Расход воды в аппарате Вейса в период инкубации поддерживают. 1,25 – 2,5 л/мин. Профилактическую обработку икры от сапролегниоза проводят, при необходимости к середине-концу вторых суток, применяя раствор малахитового зеленого или фиолетового «К» в концентрации 1:200 000. Время экспозиции 20 – 30 мин.

При появлении в аппаратах первых предличинок икру с водой сливают в эмалированные тазы и с периодичностью выстаивания 30 мин массово поднимающихся к поверхности предличинок сливают в бассейны, как описано ранее.

Процент вылупившихся предличинок составляет 60 – 80 % (средний – 70 %). Средняя масса предличинок, полученных от первой порции икры составляет 3 мг, средняя длина 5,3 мм. Средняя масса предличинок, полученных от второй порции икры – 2 мг, средняя длина 3,5 мм. По данным Е.Н. Смирновой (1957) средняя длина предличинок неманского рыбака 5,4 – 5,6 мм, без указания от какой порции икры они получены [365].

6.2.2.4 Выдерживание предличинок, подращивание личинок и выращивание молоди рыбака

Выдерживание предличинок проводят в бассейнах (лотках) при температуре воды 17 – 21 °С в течение 3 – 5 сут. Расход воды 1 – 1,3 л/мин. Содержание кислорода 8 – 10 мг/л.

Подращивание личинок проводят при плотности посадки 20 тыс. шт./м² при уровне воды 0,2 – 0,3 м и водообмене 0,5 – 1 раз/ч. На первом этапе кормление проводят последовательно меняя по очередности инфузориями, коловратками, науплиями артемии в течение 7 – 10 сут. Перевод на сухой стартовый корм (Aller Futura фракции «000» или его аналоги) начинают с 5 – 7 сут кормления живым кормом. Схема перевода следующая: – первые сутки: на 20 % снижается доза живого корма, суточная доза сухого стартового корма 3 % от массы личинок; – вторые сутки: на 20 – 25 % снижается суточная доза живого корма, стартового увеличивается до 8 %; – третьи сутки: на 20 – 25 % снижается суточная доза живого корма, стартового увеличивается до 13 %; – четвертые сутки: на 20 – 25 % снижается суточная доза живого корма, стартового корма увеличивается до 18 %; – пятые сутки: скармливается остаток живого корма, суточная доза стартового корма доводится до 20 %. Такая величина суточной дозы сохраняется до достижения молодью массы 200 – 300 мг. Далее по мере роста молоди суточная доза снижается и при достижении массы 1 г составляет 12 – 15 %.

Кормление живым кормом ограничивают 4-х разовым внесением с равным интервалом между ними в светлое время суток. Сухой стартовый корм вносят в промежутки между ни-

ми. Кратность кормления личинок сухим стартовым кормом 12 – 16 раз в светлое время суток. Мальков – 6 – 10 раз, молоди массой 3 г и более – 3 – 4 раза.

При достижении личинками массы 50 мг проводят разрежение плотности посадки до 10 тыс. шт./м². Уровень воды увеличивают до 0,4 – 0,5 м. Водообмен 1 раз/ч. Выход 50 мг личинок составляет 70 – 80 %, молоди массой 1 г – 80 %. При достижении молодью массы 1 г проводят первую сортировку, минимум на 3 группы с помощью сортировальных ящиков.

Молодь, не достигшую массы 1 г после сортировки целесообразно оставить на выращивание в УЗВ, где при температуре воды 16 – 20 °С, содержании растворенного кислорода 7 – 9 мг/л, рН 6,5 – 7,5, уровне воды в бассейнах 0,6 – 0,8 л, водообмене 1 раз/ч, плотности посадки 5 тыс. шт./м³, суточной дозе кормления 2 – 3 % от массы молоди, годовики достигают средней массы 5 – 10 г.

6.2.2.5 Выпуск молоди

Молодь, достигшую такой массы и превысившую ее, следует выпустить в р. Шешупе, а также, используя мобильные технологические модули (МТМ), в рр. Матросовка и Скирвите (Северная). В МТМ, с целью выработки «хоуминга» молодь до выпуска целесообразно выдерживать 10 – 15 суток.

Перед отправкой на МТМ молодь целесообразно выдерживать неделю на проточной воде из р. Шешупе (если выращивать в УЗВ). В период выдерживания молоди, когда температура воды составляет 10 – 15 °С, целесообразная суточная доза кормления 0,3 – 0,5 %.

Подращенную до апреля-мая следующего года молодь (годовики) выпускают по той же схеме, что описана для сеголетков. Однако, учитывая возможность выедания годовиками икры на нерестилищах, весенний выпуск молоди ограничивается рр. Матросовка и Скирвите (Северная). Транспортировку молоди проводят в живорыбных контейнерах. Расчет посадки молоди в контейнеры осуществляют по формуле [371]:

6.2.3 Линь

6.2.3.1 Сроки и районы заготовки производителей

Производителей линя отлавливают в реках, каналах на границе открытой воды и зарослей водной растительности, выполняющих функцию нерестилищ [89]. Придерживаясь структуры нерестового хода линя, описанной ранее, основную группу производителей отлавливают во время второго, наиболее массового подхода рыб к нерестилищам (в среднемноголетнем разрезе – с 10 по 25 июня).

Производителей отлавливают ставными или ботовыми сетями с ячеей 40 – 70 мм. Сети устанавливают на границе зон зарастаний. Периодичность проверки ставных сетей 4 – 6 ч. При отлове производителей вблизи предприятия по искусственному воспроизводству рыб помещают в сетные мешки из дели с ячеей 8 – 12 мм, крепящийся к корме лодки и буксируют к месту

размещения на преднерестовое и нерестовое содержание. Перед посадкой в бассейны производителей бонитируют, отбраковывая рыб с нарушениями в строении тела, плавников, головы, имеющих повреждения чешуйчатого покрова. При этом рыб разделяют по полу. Самок разделяют на три группы: текущие, которых сразу направляют на сцеживание; с мягким брюшком и заметной генитальной порой; с менее выраженными половыми признаками. Самцов разделяют на две группы: легко отдающие молоки при легком надавливании на брюшко или при изгибе тела рыб; выделяющих небольшую каплю спермы при значительном надавливании.

Если отлов производителей проводят на дальних расстояниях, то рыб помещают в бассейны, установленные на транспортных средствах. Во время транспортировки в бассейнах периодически меняют воду.

6.2.3.2 Преднерестовое содержание и стимулирование созревания рыб

Производителей линя помещают в бассейны отдельно по полу при плотности посадки 50 шт./м². Уровень воды в бассейнах 0,4 – 0,6 м. Водообмен 1 раз/ч. Температура воды 21 – 24 °С, содержание растворенного кислорода более 6 мг/л.

Самок второй группы проверяют на текучесть при температуре воды 20 – 21 °С раз в двое суток, при температуре воды выше 21 °С ежедневно. Самок третьей группы проверяют на текучесть при температуре воды 20 – 21 °С раз в 4 сут, при температуре воды выше 21 °С раз в двое суток.

Для гарантированного и ускоренного созревания производителей содержат при температуре 21 – 24 °С и стимулируют овуляцию икринок и спермацию у самцов инъекциями карпового (лещевого, сазаньего) гипофиза. Схема инъектирования самок дробная: предварительная из расчета 1 мг/кг; первая из расчета 4 мг/кг; вторая (разрешающая) из расчета 7 – 10 мг/кг. При отсутствии текучей икры в течение 24 ч самок отбраковывают. Самцам делают одну, одновременно с разрешающей для самок, инъекцию из расчета 3 – 4 мг/кг. Самцы гарантированно откликаются на инъекцию в течение суток. В период проведения инъекций плотность посадки производителей в бассейнах 10 шт./м².

6.2.3.3 Получение зрелых половых продуктов, осеменение, обесклеивание и инкубация икры

При установлении состояния текучесть самок извлекают из бассейна, обтирают, в соответствии с принятой практикой сцеживания половых продуктов для всех видов рыб, сухой марлей область брюшка, хвостового стебля, брюшных и анального плавников с целью исключения попадания воды на сперму или икру.

Сцеживание икры проводят в эмалированные миски объемом 0,2 – 0,5 л. Икру в миску сцеживают индивидуально от каждой самки. Максимальное количество икры получаемое при однократном сцеживании от 0,5 – 1,0 кг самки составляет 30 – 150 мл (30 – 150 тыс. икринок).

Учитывая малый объем эякулята, сперму у самцов берут с помощью стеклянной пипетки с оплавленными краями. На противоположный конец пипетки надета груша. При объеме сцеженной икры более 50 мл (до 300 мл) для осеменения достаточно 1 – 3 мл спермы. При меньшем объеме икры достаточно 1 – 2 капель спермы хорошего качества [89].

После прибавления спермы к икре содержимое миски перемешивают с помощью птичьего пера и оставляют в покое на 30 с. После добавления воды снова перемешивают в течение 40 – 60 с и приступают к обесклеиванию икры. Обесклеивание икры двумя методами описано ранее. Отмывка икры после обесклеивания при частой смене чистой воды (через 20 – 30 с) проходит в течение 3 – 5 мин. Обесклеенную и отмытую икру помещают с помощью мерного стакана в аппараты Вейса. Норма загрузки икры в аппарат до 1 л (0,6 – 0,7 млн икринок). Расход воды в первые сутки инкубации 0,8 л/мин. В дальнейшем увеличивается до 1,2 л/мин.

Продолжительность инкубации икры при температуре 20 – 23 °С составляет 3 – 4 сут.

При массовом поражении сапролегнией проводят одну, максимум две обработки икры в аппаратах раствором малахитового зеленого или фиолетового «К» раствора в концентрации 1:200 000. Время экспозиции 15 мин. Интенсивность освещения при инкубации икры 30 – 50 люкс. Содержание растворенного в воде кислорода должно быть более 6 мг/л.

При появлении в аппаратах первых предличинок их с водой сливают в эмалированные тазы с периодическим (0,5 – 1 ч) выстаиванием их в покое, сопровождающемся массовым вылуплением, переводят предличинок в бассейны. Если не стимулировать вылупление, то оно в одной партии икры может проходить от нескольких часов до суток [89].

6.2.3.4 Выдерживание предличинок, подращивание личинок и выращивание молоди

При выдерживании предличинок в бассейнах (лотках) поддерживают температуру воды 21 – 24 °С. Расход воды 5 л/мин. Уровень воды 0,2 – 0,3 м. Плотность посадки до 200 тыс. шт./м². Становление личинок на плав происходит на 5 – 6-е сутки. С этого времени личинкам начинают давать инфузории, коловраток, науплии артемии из расчета 100 % от массы рыб в сутки. Живой корм вносят 4 раза в светлое время суток. Через 3 суток в промежутках между дачей живого корма с интервалом 0,5 – 1 раз/ч в бассейны задают сухой стартовый корм (Aller Futura, фракции «000» или его аналоги).

Разряжение плотности посадки личинок до 10 тыс. шт./м² проводят на 10 – 12-е сутки после начала кормления. При этом увеличивают расход воды до 10 л/мин. При достижении личинками массы 50 мг проводят разряжение плотности посадки до 5 тыс. шт./м². При достижении к концу августа – началу сентября средней массы 0,3 – 0,5 г, молодь, выращенную при проточном режиме выпускают на пастбищный нагул.

При выращивании в УЗВ молодь, достигшую средней массы 0,3 – 0,5 г сортируют, минимум на три размерные группы. К середине-концу октября не менее 70 – 80 % молоди достигает

массы 3 – 4 г и ее выпускают в пастбищные водоемы. Остальную молодь оставляют на выращивание в УЗВ. Кормление стартовым кормом в августе-октябре проводят с очередностью раз в 3 – 4 ч в светлое время, последовательно увеличивая фракцию корма «00», «0», 1, 2. Суточная доза корма постепенно снижается с 10 % (август) до 6 % (октябрь). Оптимальная температура воды в этот период 20 ± 2 °С. Содержание растворенного в воде кислорода более 6 мг/л.

При выращивании молоди в ноябре-мае в УЗВ сохраняется такой же благоприятный температурный и газовый режим. Плотность посадки в бассейнах устанавливается до 2 тыс. шт./м² при уровне воды 0,6 м. Температура воды 22-26 °С. Водообмен составляет 1 раз/ч. Кормление стартовым кормом фракцией 2, 3, 4. Суточная доза корма снижается постепенно с 6 % (ноябрь) до 3 % (апрель-май).

Отход икры за период инкубации 50 %. Отход предличинок за период выдерживания 10 %, подрощенных до 50 мг личинок 50 %, 0,3 – 0,5 г мальков 50 %. Выживаемость 3 г сеголетков 90 %, 5 – 15 г годовиков 95 %.

6.2.3.5 Эксплуатация маточного стада линя в УЗВ

Производители линя, выловленные в естественных водоемах, успешно domestизируются в УЗВ. В качестве корма используют рецептуры кормов для осетровых рыб (Aller Bronze, Aller Trident и др.) фракция 3,2 мм. Плотность посадки в бассейны 50 – 100 шт./м³. Уровень воды 0,6 – 1,0 м. Водообмен 1 раз/ч. Температура воды в период межнерестового содержания 20 – 23 °С, содержание растворенного кислорода более 6,0 мг/л. Суточная доза корма 0,3 – 0,5 % от массы рыб. Продолжительность периода 180 – 240 сут.

Далее следует «искусственная зимовка», которой соответствует температура воды 8 – 12 °С. Продолжительность выдерживания производителей 2,5 – 3 мес. Градиент снижения и повышения температуры воды составляет 1 °С/сут. После вывода производителей на нерестовую температуру (24 – 24 °С) самок разделяют на две группы по степени готовности к нересту. При искусственном воспроизводстве линя в УЗВ могут быть применены два метода получения потомства. Первый, предполагающий воспроизведение в бассейнах внешних условий, соответствующих природным. В частности, помещение в бассейны лапок хвойных деревьев (ель, можжевельник), выполняющих функцию нерестового субстрата. Нерест производителей, относящихся к первой группе происходит в течение 1 – 3 сут. На 2 м² бассейна высаживают 2 самки и 5 самцов. Уровень воды 0,4 м. Водообмен 0,5 раз/ч. Фон освещения в нерестовых бассейнах минимизирован, чему способствует закрытие их крышками на 2/3 площади. После установления массового обсеменения нерестового субстрата икрой производителей удаляют из бассейна. Производителей второй группы переводят в нерестовые бассейны после проявления у них внешних признаков, соответствующих первой. На вторые сутки после нереста икру обрабаты-

вают раствором малахитового зеленого или фиолетового «К», концентрацией 1:200 000. Время экспозиции 20 мин.

Температура воды в период инкубации 22 – 24 °С. Вылупление предличинок на 5-е сутки. Выход предличинок до 30 %. Выдерживание предличинок и подращивание личинок в этих же бассейнах. По достижении массы 10 – 20 мг их переводят в выростные бассейны. Далее абиотические и биотические параметры рыбоводного процесса выращивания молоди аналогичны описанному ранее.

Второй метод – заводской. Самок первой группы и самцов сразу инъецируют по схеме, приведенной ранее. Самок второй группы и самцов после выдерживания при нерестовой температуре (21 – 24 °С) в течение 5 – 7 сут. При обнаружении текучих самок икру сцеживают в эмалированные миски. На икру выливают сперму и перемешивают в течение 40 – 60 с. После добавления воды перемешивание продолжается 30 – 40 с. После 20 – 30 с стадии покоя в миску с осемененной икрой добавляют раствор танина (10 г на 1 л воды). Время экспозиции при обесклеивании 25 – 30 с. Обесклеивание проводят при постоянном перемешивании икры птичьим пером. Отмывку икры от обесклеивающего раствора и остатков спермы проводят в течение 5 – 10 мин. После этого икру с помощью мерного стакана помещают в инкубационные аппараты Вейса.

Процент оплодотворения икры не менее 70 %. Выход предличинок с инкубации 50 %. Выход 50 мг личинок с подращивания не менее 80 %. Выращивание 0,5 – 1 г мальков проводят при плотности посадки 5 тыс. шт./м². Выживаемость мальков не менее 90 %. По достижении указанной массы проводят сортировку мальков, минимум, на три группы. В группе крупной молоди устанавливают плотность посадки 3 тыс. шт./м², в остальных 4 тыс. шт./м². По достижении молодью массы 3 г и более к середине-концу октября ее выпускают в пастбищные водоемы. Оставшуюся молодь выращивают в УЗВ при плотности посадки 2 тыс. шт./м² до мая следующего года, когда годовики достигают массы 5 – 15 г и их выпускают в пастбищные водоемы. Температура воды при выращивании молоди 22 – 26 °С.

6.2.3.6 Выпуск молоди линя

Зарыбление Куршского залива, рек и каналов молодью линя является одним из главных этапов искусственного воспроизводства. Биотехника выпуска молоди линя состоит из нескольких этапов. Первый включает вылов молоди из бассейнов. Учет ее проводят объемным или весовым методом [307]. Предварительно, как это принято при проведении манипуляций с рыбой, молодь в течение суток не кормят. Второй этап включает перенос молоди в полиэтиленовые пакеты с 10 л воды. В один пакет сажают до 500 шт. 3 г молоди, до 200 шт. 10 г. После закачки кислорода пакет герметически закупоривают. Третий этап включает транспортировку молоди к местам выпуска. Продолжительность транспортировки при температуре воды 8 – 12 °С до 8 ч.

Транспортировку осуществляют на катерах, мотоботах, автотранспорте. Выпуск молоди с лодок в прибрежной зоне залива, рек, каналов с помощью сачков или сифонов при использовании для транспортировки контейнеров или бассейнов.. Выпуск молоди проводят в тихую погоду в ранние утренние часы, либо в вечернее время. В пасмурную погоду в течение всего дня.

6.2.4 Стерлядь

6.2.4.1 Выращивание молоди

Выращивание молоди до 3 г проводят при температуре воды 18 – 20 °С, содержание кислорода более 6 мг/л. Плотность посадки 1,2 тыс. шт./м². Уровень воды 0,3 – 0,4 м. Водообмен 1 раз/ч. Выживаемость молоди 80 %. Продолжительность этапа 20 – 30 сут. В начале и конце этапа проводят сортировки молоди. Суточная доза корма (Aller Futura и его аналоги, фракция 1) составляет 8 – 10 %. Количество кормлений 12 – 16 в светлое время суток.

Выращивание молоди до 10 г проходит при температуре воды 18 – 23 °С, содержании растворенного в воде кислорода более 6 мг/л. Плотность посадки 1 тыс. шт./м². Уровень воды 0,3 – 0,4 м. Водообмен 1 раз/ч. Выживаемость молоди не менее 90 %. Продолжительность этапа 20 – 30 сут. Суточная доза корма (Aller Futura или его аналоги, фракция 3 и 4) 6 – 8 % от массы рыб. Количество кормлений 8 – 10 раз в светлое время суток.

Предельная масса молоди стерляди, для которой нормируется величина коэффициента промыслового возврата 10 г [63]. Поэтому при достижении такой массы молоди проводят выпуск ее в пастбищный водоем, которым рассматривается Куршский залив.

Второй вариант, дающий большую величину промыслового возврата, но не нормируемый ввиду ограниченной практики, предполагает возможность выпуска на пастбищный нагул выращенной до 100 г молоди стерляди [46].

Биотехника выращивания молоди до 100 г предполагает возможность установления температурного режима в диапазоне значений 20 – 25 °С, содержания кислорода более 6 мг/л. Плотность посадки молоди на этом этапе 500 шт./м² Уровень воды 0,5 – 0,8 м. Водообмен 1 раз/ч. Выживаемость не менее 90 %. Продолжительность этапа 70 – 90 сут. Суточная доза корма (Aller Nova или Aller Metabolica или их аналогов, фракция 2 и 3,2 мм) 3 – 4 %. Количество кормлений 4 – 6 раз в светлое время суток.

6.2.4.2 Выпуск молоди стерляди

Выпуск 10 г молоди проводят в июне, 80 – 100 г в сентябре-октябре. За сутки до выпуска молодь перестают кормить. Молодь подсчитывают весовым методом. 10 г молодь перевозят к местам выпуска в полиэтиленовых пакетах с кислородом. Время транспортировки при посадке в пакет 100 шт. составляет 3 – 4 ч, при посадке 50 шт. – 10 – 12 ч. Молодь массой до 100 г перевозят в контейнерах без кислорода при плотности посадки 200 шт./м³. Молодь выпускают в

прибрежной зоне свободной от водной растительности с глубиной до 1 – 1,5 м по всей акватории залива, за исключением западной части. Из контейнеров молодь выпускают через армированные рукава. Нижняя часть рукава опущена до дна.

6.2.5 Угорь

6.2.5.1 Карантинизация стекловидного угря

Проводится с целью исключения завоза с личинками угря эктопаразитов, что, с одной стороны, может негативно повлиять на выращиваемую молодь. С другой, позволить внести в экосистему пастбищных водоемов неспецифичных паразитов.

Поскольку в контейнерах, в которых перевозят стекловидных личинок, температура, как правило, 6 – 8 °С, то проводится адаптация к более высокой, отмечаемой в бассейнах. Могут рассматриваться два варианта: - температуру воды в бассейнах понижают до 12 – 15 °С. Тогда личинок из контейнеров переносят в корзины с сетчатым дном (0,8 мм) и подвергают душеванию водой из бассейнов. Продолжительность душевания 1 час. Затем личинок, освобожденных от слизи, переносят в бассейны. Далее температуру воды повышают с градиентом 2 °С в сутки; - температура воды в бассейнах 20 – 22 °С. Тогда личинок подвергают душеванию увеличивая постепенно температуру воды с градиентом 2 °С в час и после выравнивания ее в корзине и бассейне личинок переносят в последний.

После 3 – 5 часов нахождения личинок в бассейнах на приток вливают раствор фуразолидона, рассчитанный на создание концентрации препарата в воде, циркулирующей в УЗВ, 0,2 мг/л. После обработки раствором ежедневно исследуют личинок на паразитоносительство. При обнаружении их обработку продолжают. Данная концентрация препарата губительна для паразитов, но не оказывает губительного воздействия на нитрифицирующих бактерий в биофильтре.

Кормление личинок начинают при повышении температуры воды выше 15 – 16 °С. Предельный срок кормления икрой трески, судака 20 сут. Возможно продление на 10 сут для отстающей в росте группы рыб. Суточная доза икры (мороженой) 10 %. Икру раскладывают в плавающие кормушки 4 – 6 раз в сутки. Период кормления до 12 час. Освещённость на поверхности воды 25 – 50 люкс. Несъеденную в течение 30 мин икру удаляют. С 5 – 7 суток рацион начинают разнообразить искусственным стартовым кормом с размером кормовых частиц 0,4 – 0,5 мм. При установлении активного поедания сухого корма начинают снижать долю икры. Постепенно в течение периода карантина (30 сут) суточную дозу корма доводят от 1 до 4 %.

6.2.5.2 Выращивание мальков до массы 3 – 5 г

К концу периода карантинизации личинки достигают средней массы 0,5 – 0,6 г. Но разброс массы может быть значителен (0,3 – 1,2 г). Поэтому основным биотехническим приемом становится сортировка молоди с частотой не менее 1 раза в месяц. После первой сортировки

молодь рассаживают в бассейны с плотностью посадки 7- 10 тыс.шт/м³ (при водообмене 1 раз/ч. Температура воды 23 – 25(26) °С. Насыщение воды кислородом 100 – 150 %. Кормление проводят в течение 12 ч (статичный режим освещенности) сухим стартовым кормом, суточная доза которого 4 – 6 % от массы рыб. Частота внесения корма 1 раз/2 ч. Освещенность сохраняется, как и на предыдущем этапе (25 – 50 люкс). Корм вносят на плавающие кормушки. Выживаемость молоди, как и на предыдущем этапе более 85%. Средней массы 3 – 5 г молодь достигает через 90 – 100 сут и может перевозиться к местам выпуска в пастбищные водоемы.

Однако, определенная часть молоди из партий стекловидного угря, завозимого в марте – апреле, не достигает к сентябрю указанной массы, поэтому целесообразно оставлять ее на доращивание в УЗВ.

6.2.5.3 Выращивание молоди до массы 35 – 50 г

После сортировки молодь массой менее 3 г рассаживают с плотностью посадки 4 тыс. шт/м³. В течение всего периода температуру поддерживают в диапазоне значений 20 – 23 °С, содержание растворенного кислорода 7 – 10 мг/л. Выживаемость молоди не менее 80 %. Кормление проводят с очередностью раз в 2-3 ч в течение 12 ч (статический режим освещенности 25 – 50 люкс). Суточная доза корма 2 – 3 %. Сортировки раз в месяц. Контрольные обловы проводят, как и на предыдущих этапах раз в 15 сут. Требования к качеству воды в УЗВ на всех этапах выращивания молоди приведены в таблице 5.2 (прилож. 5).

6.2.5.4 Выпуск молоди в пастбищные водоемы

Выпуск молоди состоит из нескольких этапов: - адаптация молоди к температуре воды пастбищного водоема. С этой целью путём увеличения добавления в УЗВ артезианской воды понижают температуру циркулирующей воды на 2 °С/сут; - проводят контрольные взвешивания и устанавливают среднюю массу молоди в бассейнах; - уменьшают уровень воды в бассейнах и сливают воду с молодь через донное отверстие в сетной мешок (дель с ячейей 2 – 3 мм), установленный в контейнере. Из сетного мешка молодь в сачке переносят в заранее взвешенную тару с водой, установленную на весах. После взвешивания, зная среднюю массу молоди, устанавливают ее количество; - взвешенную и просчитанную молодь переносят в живорыбные контейнеры. Плотность посадки в стандартный контейнер объемом 2 м³ составляет по 3 – 5 г молоди 100 тыс. шт, по 35-50 г – 4-5 тыс. шт. Продолжительность транспортировки при постоянной подаче кислорода в контейнеры до 8 ч; - контейнеры с молодь, доставленные автотранспортом на берег водоема, помещают на плавсредства и перевозят к местам выпуска; - места выпуска должны быть в районах с глубиной 1,5 – 3,0 м и илистым грунтом. Выпуск молоди осуществляется во время движения плавсредств через рукава, надетые на сливной люк контейнеров. Конец рукава оснащен металлическим кольцом, прижимающем его ко дну. Кольцо вши-

то в рукав под углом 45° , что обеспечивает свободный выход молоди. На 1 км прохода выпускают 50 тыс. шт. молоди угря.

Результаты исследований, апробированные на практике, положены в основу «Рыбоводно-биологических нормативов выращивания посадочного материала объектов пастбищной аквакультуры для зарыбления рыбохозяйственных водоемов» (прилож. 5, табл. 5.3 – 5.8).

7. ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ЭКОСИСТЕМ КУРШСКОГО И ВИСЛИНСКОГО (КАЛИНИНГРАДСКОГО) ЗАЛИВОВ И ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО В ЗАРЫБЛЯЕМОЙ МОЛОДИ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ И ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОГО ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА

Приемная емкость экосистемы конкретного водоема в зарыбляемой молоди рыб определяется взаимодействием множества абиотических и биотических факторов. Среди них, согласно классификации У. Хоара и соавторов (1983), температуру воды выделяют как основной, направляющий развитие рыб, фактор. Содержание в воде растворенного кислорода, величину водородного показателя, соленость, обеспеченность рыб пищей авторы относят к лимитирующим раскрытие ростовой, адаптогенной, репродуктивной потенции факторам [441, 442].

Остальные факторы относят к разряду сопутствующих, но способных на определенных этапах жизненного цикла играть важную роль в разрешении биологической потенции рыб. Например, фотопериод и интенсивность освещения в преднерестовый и нерестовый периоды, течение воды, определяющее характер миграций, наличие нерестового субстрата, определяющего эффективность разрешения воспроизводительного потенциала рыб и т.д.

В практике зарыбления пастбищных водоемов искусственно выращенной молодью рыб чаще применяют устоявшийся подход, ориентированный на использование нормативных данных [62, 63, 371]. Однако, во многом они основаны на исследованиях и рекомендациях 50-70-х гг. прошлого столетия [371], откорректированных по некоторым позициям в начале 21 века [63].

Изменения, произошедшие в последние 30 – 40 лет в климате, повлиявшие, прежде всего, на термику водоемов, преобразования гидрологии водоемов в результате антропогенного воздействия, естественные процессы в водных экосистемах не могли не отразиться на продукционных процессах в них. Как в части реализации потенциала нерестового биотопа, так и нагульного. Но изменение затронули и зимовальный биотоп, сделав его более динамичным в плане смещения сроков его освоения рыбами. Как следствие появляется необходимость индивидуального подхода в определении приемной емкости экосистемы каждого крупного пастбищного водоема. Поэтому за основу расчета приемной емкости пастбищных водоемов была взята формула О.А. Лейс и И.Н. Задоренко (1973), разработанная с целью обоснования мероприятий по зарыблению водохранилищ юга России понто-каспийскими креветками и успешно апробированная.

Но учет таких качественных и количественных характеристик водоемов как температура воды, содержание растворенного в воде кислорода, соленость воды, объем (площадь) гипolimниона, площадь нерестилищ в период высокой численности популяций рыб и после ее умень-

шения, средняя многолетняя биомасса кормовых организмов, среднегодовая биомасса кормовых организмов, составляющих основу питания старшевозрастных групп рыб, средняя биомасса бентосных организмов и сорной рыбы, среднемноголетняя биомасса рыб, средняя многолетняя и средняя по величине ОДУ за последние пять лет, биомасса рыб как проекция данных по промысловой рыбопродуктивности, позволил преобразовать базовую формулу. Как результат для каждого пастбищного водоема предложен индивидуальный перечень основных и лимитирующих факторов: в числителе – абиотических, в знаменателе – биотических.

7.1 Расчет приемной емкости экосистем водоемов

7.1.1 Рыбец (*Vimba vimba L.*)

Применение формулы (С):

$$C = \frac{\left(\frac{T_{max} - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (8)$$

позволило учесть: С – приемная емкость, Т max – среднегодовая максимальная температура воды в Куршском заливе, °С; Т min – средняя температура воды в период вселения (ската) молоди в залив, °С; S – максимальная площадь нерестилищ, 100 %; S min – современная площадь нерестилищ после зарегулирования р. Неман плотиной Каунасской гидроэлектростанции, 50 %; В – средняя многолетняя биомасса кормовых организмов, г/м² (21,2); В cp – среднегодовая биомасса кормовых организмов, составляющих основу рациона питания молоди в заливе до ската в море, г/м² (12,8); В1 – промысловая рыбопродуктивность рыбака, квотируемая по ОДУ, кг/га (0,025); В1 cp – промысловая рыбопродуктивность рыбака за период расцвета в 1960 – 1980 гг, кг/га (0,252).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{21,2 - 12,0}{12,0}\right) \times \left(\frac{100 - 50}{50}\right)}{\left(1 + \frac{21,2}{12,8}\right) \times \left(1 + \frac{0,025}{0,252}\right)} = 0,26$$

Применив формулу рассчитываем плотность посадки подрощенной молоди рыбака в Куршский залив: $P = 10,86 \times C^{-0,73} = 10,86 \times 0,26^{-0,73} = 29$ шт/га.

Как указывают авторы базовой формулы 8, чем выше приемная емкость, тем лучше приживаются вселенцы. Если она менее 0,1, то вселенцы приживаются плохо, поэтому при такой величине приемной емкости рекомендуемая плотность посадки не менее 60 шт/га.

При величине С=0,1-0,3 рекомендуемая плотность посадки 40 – 50 шт/га, при С = 0,3-1,0 – 20 шт/га, при С больше 1,0 – 10 шт/га. В нашем случае, расчетная величина приемной емкости соответствует предлагаемому интервалу значений. При этом следует учитывать, что рыбец не

является объектом акклиматизации, абиотические и биотические условия при выпуске молоди в сентябре – октябре и мае относительно стабильные в средне-многолетнем плане, то следует признать целесообразным использовать для расчета потребности в посадочном материале плотность посадки 29 шт/га. Потребность в зарыбляемом в российскую часть Куршского залива посадочном материале рыба составит: 29 шт/га × 120 тыс. шт = 3480 тыс. шт.

7.1.2 Щука (*Esox Lucius L.*)

Применение формулы для Куршского залива:

$$C = \frac{\left(\frac{T - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (9)$$

позволило учесть: С – приемная емкость, Т – среднегодовая температура воды в период вселения (ската) молоди в залив, °С (12,0); T_{min} – температура воды, соответствующая началу массового нереста щуки, °С (4,0); S – максимальная площадь нерестилищ в период до зарегулирования р. Неман и введения полей в сельскохозяйственный оборот, % (100); S_{min} – современная площадь нерестилищ, % (50); В – промысловая рыбопродуктивность рыб-жертв за период 1998 – 2017 гг., кг/га (5,98); В_{ср} – промысловая рыбопродуктивность рыб-жертв по двум периодам 1950-1990 и 1998-2017 гг., кг/га (7,99); В1 – промысловая рыбопродуктивность по щуке за период 1998-2017 гг., кг/га (0,1); В1_{ср} – промысловая рыбопродуктивность по щуке по двум периодам, кг/га (0,57).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{12,0 - 4,0}{4,0}\right) \times \left(\frac{100 - 50}{50}\right)}{\left(1 + \frac{7,99}{5,98}\right) \times \left(1 + \frac{0,1}{0,57}\right)} = 0,73$$

Для С=0,3-1,0 плотность посадки может быть принята 20 шт/га. В этом случае потребность в подрощенной молоди щуки составит: 20 шт/га×120 тыс.шт = 2400 тыс. шт.

Уточнение величины плотности посадки по формуле: P = 10,86×С^{-0,73} = 10,86×0,73^{-0,73} = 14 шт/га. С учетом меняющихся в разные годы абиотических и биотических условий особенно в зимне-весенний период и в условиях потепления климата, можно признать целесообразным принять плотность посадки 20 шт/га. Потребность в мальках составит 2,4 млн.шт..

Зная закономерности выживания молоди рыб в естественных условиях, можно принять, что выживаемость скатившихся в залив мальков щуки от выпущенных выдержанных личинок не превысит 20 % [32, 83, 291, 416, 467, 483]. В этом случае необходимое количество выдержанных личинок щуки для вселения в Куршский залив составит 12 млн. шт.

Применение формулы для Калининградского залива:

$$C = \frac{\left(\frac{T - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (10)$$

позволило учесть: С – приемная емкость, Т – среднегодовая температура воды в период вселения (ската) молоди в залив, °С (12,0); T_{min} – температура воды, соответствующая началу массового нереста щуки, °С (4,0); S – максимальная площадь нерестилищ, % (100); S_{min} – площадь нерестилищ щуки в период 2010-2017 гг., % (50). В последние годы (2010-2017 гг) в виду уменьшения пополнения водного баланса со стороны снеговой и дождевой составляющих площадь нерестилищ уменьшилась ориентировочно на 50 %; В – промысловая рыбопродуктивность рыб-жертв за период 2010-2017 гг., кг/га (2,6); В_{cp} – промысловая рыбопродуктивность рыб-жертв за период 2002-2009 гг., кг/га (1,91); В1 – промысловая рыбопродуктивность по щуке за период 2010-2017 гг, кг/га (0,008); В1_{cp} – промысловая рыбопродуктивность по щуке за период 2002-2009 гг, кг/га (0,012).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{12,0 - 4,0}{4,0}\right) \times \left(\frac{100 - 50}{50}\right)}{\left(1 + \frac{2,6}{1,91}\right) \times \left(1 + \frac{0,008}{0,012}\right)} = 0,51$$

Для С=0,3-1,0 плотность посадки может быть принята 20 шт/га. Если воспользоваться формулой: $P = 10,86 \times C^{-0,73}$, плотность посадки составит $P = 10,86 \times 0,51^{-0,73} = 17$ шт/га. С учетом ранее отмеченного, плотность посадки следует принять 20 шт/га. Потребность в мальках щуки составит: 20 шт/га × 47,5 тыс. га = 950 тыс. шт.

С учетом выживаемости скатившихся в залив мальков от выдержанных личинок около 20 %, количество последних составит 4750 тыс. шт.

7.1.3 Линь (*Tinca tinca L.*)

Применение формулы:

$$C = \frac{\left(\frac{T - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (11)$$

позволило учесть: С – приемная емкость, Т – средняя температура воды на начало нереста, °С (19,0); T_{min} – средняя температура воды в период преднерестового нагулаа, °С (11,8); S – общая площадь российской части залива, % (100); S_{min} – площадь залива не благоприятная для нагула линя, % (50); В – средняя многолетняя биомасса бентосных организмов, г/м² (21,2); В_{cp} – среднегодовая биомасса кормовых организмов, включая детрит, составляющих основу рациона старшевозрастных групп линя, г/м² (25,2); В1 – современная промысловая рыбопродуктив-

ность по линю, квотируемая ОДУ, кг/га (0,004); B_{1cp} – промысловая рыбопродуктивность по линю в Куршском заливе за период 1950-1980 гг, кг/га (0,1).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{19,0 - 11,8}{11,8}\right) \times \left(\frac{100 - 50}{50}\right)}{\left(1 + \frac{21,2}{25,2}\right) \times \left(1 + \frac{0,004}{0,1}\right)} = 0,21$$

Плотность посадки подрощенной молоди линя в Куршском заливе составит: $P = 10,86 \times C^{0,73} = 10,86 \times 0,21^{0,73} = 34$ шт/га. Расчетная величина близка к рекомендуемой (40 – 50 шт/га) при акклиматизации объекта. Но линь не является объектом акклиматизации, абиотические и биотические условия при выпуске молоди в сентябре – октябре и мае относительно стабильные в средне-многолетнем плане, поэтому при расчете потребности в зарыбляемом в Куршский залив посадочном материале следует признать расчетную величину плотности посадки. Тогда потребность в зарыбляемом посадочном материале составит $34 \text{ шт/га} \times 120 \text{ тыс.га} = 4080 \text{ тыс. шт.}$

7.1.4 Стерлядь (*Acipenser ruthenus L.*)

Применение формулы:

$$C = \frac{\left(\frac{S_{100} - S_{50}}{S_{50}}\right) \times \left(\frac{S_{max\%} - S_{min\%}}{S_{min\%}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B_1}{B_{1cp}}\right)} \quad (12)$$

позволило учесть: C – приемная емкость, $S_{max\%}$ – максимальная величина солености в северной части залива, ‰ (5,0); $S_{min\%}$ – соленость в центральной и восточной части залива, ‰ (0,3); S_{100} – общая площадь российской части залива, % (100); S_{50} – площадь нагула, благоприятная для стерляди, % (50); B – среднемноголетняя биомасса зообентоса, г/м² (21,2); B_{cp} – среднемноголетняя биомасса хирономид, г/м² (16,4); B_1 – современная промысловая рыбопродуктивность по угрю, кг/га (0,008); B_{1cp} – промысловая рыбопродуктивность, рассматривается по уловам угря (150 т – средний показатель в период стабильной численности популяций), кг/га (1,25).

Рассматривая стерлядь в качестве объекта зарыбления залива как альтернативу угрю, популяция которого испытывает глубокую депрессию, учитывая схожесть рациона питания бентосными организмами, в расчетах учитывали биотические факторы, статистически учитываемые при оценке их влияния на популяцию угря.

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{100 - 50}{50}\right) \times \left(\frac{5,0 - 0,3}{0,3}\right)}{\left(1 + \frac{21,2}{16,4}\right) \times \left(1 + \frac{0,008}{1,25}\right)} = 6,8$$

Плотность посадки подрощенной молоди стерляди составит: $P = 10,86 \times C^{-0,73} = 10,86 \times 6,8^{0,73} = 3$ шт/га. С учетом того, что в бассейнах р. Неман и Куршского залива стерлядь регистрируется в уловах единично и эпизотически [339, 525, 563], то вселение ее в залив можно рассматривать как акклиматизационное мероприятие. В этом случае плотность посадки следует применять 10 шт/га. Тогда потребность в посадочном материале для зарыбления Куршского залива составит: $10 \text{ шт/га} \times 120 \text{ тыс.шт} = 1200 \text{ тыс. шт.}$

При учете площади залива благоприятной для нагула стерляди (60 тыс. га) потребность в зарыбляемой подрощенной молоди стерляди составит 600 тыс. шт.

7.1.5 Угорь (*Anguilla Anguilla L.*)

Применение формулы для Куршского залива:

$$C = \frac{\left(\frac{T - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (13)$$

позволило учесть: C – приемная емкость, $S_{max}\%$ – максимальная величина солености в заливе ‰ (5,0); $S_{min}\%$ – преобладающая соленость в центральной и южной части залива, ‰ (0,1); T_{max} – максимальная температура воды в заливе, °C (25,0); T_{min} – минимальная температура воды на момент зарыбления, °C (11,0); B – среднегодовалая биомасса бентоса, кг/м² (0,0145); B_{cp} – среднегодовая биомасса кормовых организмов, составляющих основу рациона старших возрастных групп, кг/м² (0,0015); $B1$ – максимальная промысловая рыбопродуктивность по угрю, кг/га (1,65); $B1_{cp}$ – среднегодовая промысловая рыбопродуктивность по угрю, квотируемая по ОДУ за последние 5 лет, кг/га (0,083).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{25,0 - 11,0}{11,0}\right) \times \left(\frac{5,0 - 0,1}{0,1}\right)}{\left(1 + \frac{0,145}{0,0015}\right) \times \left(1 + \frac{1,67}{0,083}\right)} = 0,27$$

Опираясь формулой, позволяющей установить плотность посадки, находим: $P = 10,86 \times C^{-0,73} = 10,86 \times 0,27^{-0,73} = 28$ шт/га. На площадь российской части залива (120 тыс. га) потребность в зарыбляемой молоди массой 3 – 5 г составит 3350 тыс. шт.

При применении полициклической технологии выращивания посадочного материала угря, когда около 20 % молоди остается на доращивание в УЗВ и выпускается в залив весной следующего года со средней массой 35 – 50 г, потребность в молоди массой 3 – 5 г составит 2700 тыс. шт, 35-50 г – 337,5 тыс. шт.

Применение формулы для Калининградского залива:

$$C = \frac{\left(\frac{T - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (14)$$

позволило учесть: C – приемная емкость, $S_{max}\%$ – максимальная величина солености в заливе ‰ (5,3); $S_{min}\%$ – минимальная соленость в заливе, ‰ (2,2); T_{max} – максимальная температура воды в заливе, °C (24,0); T_{min} – минимальная расчетная температура воды на момент зарыбления, °C (11,0); B – среднееголетняя биомасса хирономид, кг/м² (0,0053); B_{cp} – среднегодовая биомасса кормовых организмов, составляющих основу рациона старших возрастных групп, кг/м² (0,015); $B1$ – максимальная промысловая рыбопродуктивность по угрю, кг/га (2,95); $B1_{cp}$ – среднегодовая промысловая рыбопродуктивность по угрю, котируемая по ОДУ за последние 5 лет, кг/га (1,05).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{24,0 - 11,0}{11,0}\right) \times \left(\frac{5,3 - 2,2}{2,2}\right)}{\left(1 + \frac{0,0053}{0,015}\right) \times \left(1 + \frac{2,95}{1,05}\right)} = 0,33$$

Оперируя формулой, позволяющей установить плотность посадки, находим: $P = 10,86 \times C^{-0,73} = 10,86 \times 0,33^{-0,73} = 25$ шт/га. При площади российской части Вислинского залива 47500 га общая потребность в молоди угря массой 3-5 г составит 1160 тыс. шт. При применении полициклической технологии потребность в молоди массой 3-5 г составит 930 тыс. шт, массой 35-50 г – 116 тыс. шт.

Применение формулы для Выштынецкого озера:

$$C = \frac{\left(\frac{T_{max} - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{gip}}{S_{gip}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (15)$$

позволило учесть: C – приемная емкость, S – общая площадь озера, % (100); S_{gip} – площадь озера, проектируемая на гиполтимнион, % (50); T_{max} – максимальная температура воды эпилимниона, °C (20,0); T_{min} – минимальная температура воды гиполимниона, °C (8,0); B – среднееголетняя биомасса бентосных организмов, кг/м² (0,103); B_{cp} – средняя биомасса бентосных организмов и сорной рыбы, опосредуемая через продукцию, потенциально выедаемую угрем, кг/м² (0,102) (принимается 60 % по бентосным организмами 50 % по рыбе); $B1$ – средняя промысловая рыбопродуктивность по угрю за период 1960-1980 гг., кг/га (0,389); $B1_{cp}$ – средняя промысловая рыбопродуктивность по угрю за период 1981-2000 гг., кг/га (0,114).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{20,0 - 8,0}{8,0}\right) \times \left(\frac{100 - 50}{50}\right)}{\left(1 + \frac{0,103}{0,102}\right) \times \left(1 + \frac{0,389}{0,114}\right)} = 0,19$$

Оперирруя формулой, позволяющей установить плотность посадки, находим: $P = 10,86 \times C^{-0,73} = 10,86 \times 0,19^{-0,73} = 37$ шт/га. Потребность в молоди угря массой 3-5 г для вселения в водоем составит 66600 тыс. шт.

7.2 Возможный промысловый возврат и сроки его освоения

7.2.1 Рыбец

Основу освоения промвозврата составят рыбы в возрасте 5-9 летков. В уловах также будут встречаться рыбы в возрасте 10 – 13 лет [177]. При 3 % промысловом возврате от сеголетков средней массой более 1 г и годовиков средней массой 5 – 10 г, выпускаемых в р. Шешупе, а также р. Матросовку и р. Скирвите, с учетом средней массы рыба в уловах 0,4 кг ожидаемая величина промвозврата составит:

$$3480 \text{ тыс. шт} \times \frac{3 \%}{100 \%} \times 0,4 \text{ кг} = 41,8 \text{ т}$$

Освоение промвозврата в многолетнем плане представлено в таблице 6.1 (прилож. 6).

Начало освоения промвозврата следует ожидать через 3 года после выпуска молоди в бассейн Куршского залива, а выход на максимальную величину (41,8 т) на восьмой год. Всего за период выхода на максимальную величину общей вылов рыба может составить около 155 т.

7.2.2 Щука

Куршский залив. Основу освоения промвозврата составят рыбы в возрасте 4-7летков массой от 2 до 5 кг (средняя 3 кг). В промысле будут осваиваться также двух-трехлетки и восьмилетки. Предполагаемая структура промысла основана на традиционных способах лова, а также среднестатистических данных о возрастной структуре уловов щуки [52, 108, 340].

В соответствии с величиной коэффициента промыслового возврата для выдержанных личинок щуки (0,1 %) и средней массе рыб в уловах ожидаемая величина промыслового возврата составит около 40 т.

Примерная схема освоения промыслового возврата представлена в таблице 6.2 (прилож. 6).

Начало освоения промвозврата следует ожидать через 2 года после выпуска в бассейн Куршского залива выдержанных личинок щуки. Выход на максимальную величину промыслового возврата следует ожидать через 7 лет. За период выхода на максимальную величину промвозврата вылов щуки может составить около 121 т.

Калининградский (Вислинский) залив. При количестве выпускаемых в залив личинок щуки (4750 тыс. шт), величине коэффициента промыслового возврата (0,1 %), средней массы рыб в уловах (3 кг) ожидаемый промысловый возврат рыб составит около 14 т.

Примерная схема освоения промыслового возврата щуки в Калининградском заливе представлена в таблице 6.3 (прилож. 6).

За период выхода на максимальную величину промыслового возврата уловы щуки могут составить около 42 т.

7.2.3 Линь

С учетом количества выпускаемых в Куршский залив молоди линя, средней массы рыб в уловах (0,5 кг) и величины коэффициента промыслового возврата (3 %) ожидаемая максимальная его величина может составить около 61 т.

Примерная схема освоения промыслового возврата линя в Куршском заливе представлена в таблице 6.4 (прилож. 6).

Начало освоения промыслового возврата следует ожидать через 3 года после выпуска молоди. Выход на максимальную величину промыслового возврата возможен через 7 лет. За период выхода на стабильно высокую величину промыслового возврата может быть выловлено около 227 т линя.

7.2.4 Стерлядь

С учетом количества выпускаемых в Куршский залив молоди стерляди, средней массы рыб в уловах (0,6 кг) и величины коэффициента промыслового возврата от выпускаемой молоди массой 10 г (4,6 %) возможная его величина может составить около 33 т.

Примерная схема освоения промыслового возврата стерляди в Куршском заливе представлена в таблице 6.5 (прилож. 6).

Начало освоения промыслового возврата следует ожидать через 3 года после выпуска молоди. Выход на максимальную величину промыслового возврата возможен через 7 лет. За период выхода на стабильно высокую величину промыслового возврата может быть выловлено около 123 т стерляди.

7.2.5 Угорь

Куршский залив. С учетом количества выпускаемой в Куршский залив молоди угря, средней массы рыб в уловах (0,4 кг) и величины коэффициента промыслового возврата от выпускаемой молоди (20,0 %) возможная его величина может составить около 270 т.

Примерная схема освоения промыслового возврата угря в Куршском заливе представлена в таблице 6.6 (прилож. 6).

Начало освоения промысла следует ожидать через 4 года после выпуска молоди. Выход на максимальную величину промысла возможен через 8 лет. За период выхода на стабильно высокую величину промысла может быть выловлено около 807 т угря.

Калининградский (Вислинский) залив. С учетом количества выпускаемых в Калининградский залив молоди угря, средней массы рыб в уловах (0,4 кг) и величины коэффициента промысла (20,0 %) возможная его величина может составить около 93 т.

Примерная схема освоения промысла представлена в таблице 6.7 (прилож. 6).

Начало освоения промысла следует ожидать через 5 лет после выпуска молоди. Выход на максимальную величину промысла возможен через 9 лет. За период выхода на стабильно высокую величину промысла может быть выловлено около 349 т угря.

Выштынецкое озеро. С учетом количества выпускаемых в Выштынецкое озеро молоди угря, средней массы рыб в уловах (0,4 кг) и величины коэффициента промысла (20,0 %) возможная его величина может составить около 5 т.

Начало освоения промысла следует ожидать через 7 лет после выпуска молоди. Выход на максимальную величину промысла возможен через 11 лет. За период выхода на стабильно высокую величину промысла может быть выловлено около 16 т угря.

7.3 Ожидаемая эффективность пастбищной аквакультуры

Комплекс мероприятий в части обоснования сроков заготовки производителей ценных видов рыб, размерно-возрастного состава, выпускаемой на нагул молоди, возрастного состава улов и величины промыслового возврата, создание эффективных технологий искусственного воспроизводства, позволяют оценить потенциал пастбищной аквакультуры на территории Калининградской области (прилож. 6, табл. 6.8).

Сопоставление данных с современным объемом вылова и составом уловов в Куршском заливе позволяет оценить возможный прирост рыбопродукции на уровне 20 %. Причем этот прирост составляют более ценные и высококорентабельные объекты промысла. Вывод пастбищной аквакультуры в заливе на расчетный уровень позволит перейти от низкокорентабельного к высококорентабельному промыслу в бассейне залива. В Калининградском (Вислинском) заливе прирост рыбопродукции за счет угря и щуки к современному объему промысла (кроме салаки) может составить около 15 %, что также способно существенно увеличить рентабельность промысла.

В Выштынецком озере возможный прирост рыбопродукции по отношению к ОДУ составит также около 15 % и значительно увеличит рентабельность промысла.

Увеличение объемов промысла наиболее ценных видов рыб отражается не только на рентабельности промысла, но и способствует созданию новых рабочих мест на предприятиях

по переработке рыбы в разные виды полуфабрикатов и готовой продукции, разработки новых технологий рыбной продукции, возрастанию налогооблагаемой базы.

8. ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

8.1. Рыбоводно-биологические особенности объектов выращивания

8.1.1 Стерлядь (*Acipenser ruthenus* L., 1758)

Из опыта полноциклического товарного выращивания стерляди в УЗВ известны работы ученых (ВНИИПРХ), позволившая создать нормативную и биотехническую базу формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада, а также НПЦ «Биос», реализовавших технологию эксплуатации маточных стад стерляди и получение потомства, реализуемого товарным осетровым хозяйством [46, 387].

Целенаправленные исследования по установлению сроков первого созревания производителей, продолжительности межнерестовых циклов, температурного режима в период "искусственной зимовки" и других сторон биотехнического процесса позволили выявить новые свойства стерляди, реализуемые в специфических условиях УЗВ. Так, по мнению авторов технологических разработок, возможный срок наступления половой зрелости у самцов может соответствовать возрасту 1-2 года, самок 2-3 года. Этими же авторами установлена возможность повторного созревания стерляди в УЗВ в течение календарного года [387].

8.1.1.1 Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада

Исходным материалом для формирования ремонтно-маточного стада послужила молодь, завезенная в 2007 г из Конаковского завода товарного осетроводства (ВНИИПРХ), тепловодного хозяйства при Пермской ТЭЦ, научно-производственного центра БИОС (Астрахань) [465].

При выращивании ремонтно-маточного поголовья были заданы на отдельных этапах следующие плотности посадки при выращивании:

- молоди до 100 г - 300 шт/м². Уровень воды 0,3 - 0,6 м
- от 100 до 500 г - 100 шт/м². уровень воды 0,5-0,8 м
- от 500-1000 г - 50шт/м². Уровень воды 0,5-1,0 м.
- от 1000 до 1500 г - 30 шт/м². Уровень воды 0,5-1,0 м.
- рыб массой более 1500 г - 15-20 шт/м². Уровень воды 0,8-1,0 м.

Водообмен на первых двух этапах был, 1,5-2 кратным, на последующих – однократный. Для каждой возрастной группы выделяли период нагула, когда температура воды была более 15 °С и период «искусственной зимовки», когда был испробовано два диапазона: 4-6 и 7-10°С. Продолжительность содержания рыб при первом составляла около 1,5 месяцев, при втором около 2 месяцев. Адаптация рыб к искусственной зимовке проходила при градиенте снижения температуры воды на 1 °С в сутки (прилож. 7, табл. 7.1).

В таблице приведены данные, отражающие изменение массы ремонта и производителей в течение 9 лет. Показательно то, что только первые два года скорость массонакопления была на уровне значений, близких к нижней границе диапазона, отражающего среднюю степень раскрытия ростовой потенции ($K_m = 0,038 - 0,066$ при величине генетического коэффициента роста 0, 22). В последующие годы величина коэффициента массонакопления снижалась по направлению от 0,018 у трёхлетков до 0,003 - 0,004 у 8-9 летков. Столь низкие значения с учетом общего баланса температуры воды, превышающего отмечаемый в природных условиях в 1,5-2 раза, можно связать с отвлечением значительной части энергии общего обмена в сторону репродуктивной составляющей.

Тем не менее, 100% самцов и 60% самок созрели в возрасте 3 годовиков, 100% самок созрели в возрасте 4 годовиков. Сообщение о том, что в УЗВ самцы стерляди созревают в 2-3 года, а самки в 3 года, в целом согласуются с нашими данными, но конкретизировано для условий, в которых были получены указанные результаты [147]. При этом прослеживается стимулирующее влияние температурного режима УЗВ на более раннее созревание производителей стерляди по сравнению с природными условиями (5-9 годовики). Сокращение в сроках созревания 1,5-2 кратное, что отмечают и для других рыб: сибирский и русский осетры, карп, судак, радужная форель [93, 224, 225, 388, 390, 407].

Выращивание ремонтно-маточного стада в период нагула проходило в диапазоне температуры воды 15-25 °С, «искусственной зимовки» 4-10°С. Величина рН, отражающая стабильность химических связей, эффективность работы биофильтра, была в диапазоне допустимых значений 6,5 - 7,5, содержание аммиака и аммонийного азота до 1,0 мг/л, нитритов до 0,2 мг/л, нитратов до 100 мг/л. Содержание растворенного в воде кислорода не опускалась ниже 80% насыщения, большую часть периода было около 100% и более (7,2-12,0 мг/л). Как и при формировании маточных стад канального сома, судака, радужной форели, клариевого сома был применён статичный режим освещенности (12 ч световая фаза до 100 люкс, 12 ч темновая), включая период «искусственной зимовки».

Биопсию на предмет подтверждения пола и степени зрелости яйцеклеток проводили с помощью щупа, вводимого на уровне четвертой брюшной жучки, согласно принятой методики [41, 304]. Извлеченные икринки помещали в раствор Серра. Разрезанные на две равные половинки по направлению от анимального к вегетативному полюсу икринки помещали в поле зрения микроскопа и измеряли с помощью окулярмикрометра расстояние: от зародышевого пузырька до оболочки и диаметр яйцеклетки. Результаты биопсии, проведённой в отношении разновозрастных групп самок стерляди приведены в таблице 22.

В возрасте трехгодовиков около 40% самок имели яйцеклетки третьей стадии зрелости, коэффициент поляризации был более 0,18. Согласно принятых подходов таких производителей отправляют на нагул и их созревание ожидается в следующем нерестовом цикле [97, 304, 463].

Таблица 22 – Коэффициент поляризации икринок стерляди

Показатель	Возраст производителей, год и процентное распределение коэффициента поляризации													
	3		4		5		6		7		8		9	
	%	Кп	%	Кп	%	Кп	%	Кп	%	Кп	%	Кп	%	Кп
Коэффициент поляризации (Кп)	40	>0,18	2	>0,18	2	0,05-0,1	6	0,05-0,1	4	0,05-0,1	5	0,05-0,1	5	0,05-0,1
	20	0,06-0,10	28	0,06-0,10	34	0,11-0,12	42	0,11-0,12	44	0,11-0,12	40	0,11-0,12	43	0,11-0,12
	18	0,11-0,12	32	0,11-0,12	38	0,13-0,15	35	0,13-0,15	36	0,13-0,15	39	0,13-0,15	35	0,13-0,15
	12	0,13-0,15	28	0,13-0,15	26	0,16-0,18	17	0,16-0,18	16	0,16-0,18	16	0,16-0,18	17	0,16-0,18
	10	0,16-0,18	10	0,16-0,18										

Поскольку биопсию проводили при температуре 10-12 °С, то 20% яйцеклеток оказались в состоянии сразу откликнуться на гипофизарные инъекции, 18% готовы были откликнуться через трое суток содержания при температуре воды 12-15°С, 12% после одно-двухнедельного содержания при температуре воды 13-15°С. Меньшую долю (10%) составляли самки, потребовавшие выдерживание при температуре воды 12-15 °С до 34 - 50 суток. Таким образом, общая продолжительность периода получения зрелой икры от самок стерляди занимала до 2 месяцев.

Аналогичная картина наблюдалась в более старших возрастных группах самок стерляди. Отличия были в том, что в возрасте четырёх годовиков зрелой была вся икра, а также в процентном соотношении групп самок с различной величиной коэффициента поляризации. Наибольшее количество самок имело яйцеклетки с коэффициентом поляризации от 0,05 до 0,15. Соответственно, получение от них зрелых яйцеклеток после гипофизарных инъекций укладывалось в период продолжительностью до 20 суток. Оценка продуктивных качеств самцов по объему эякулята и времени подвижности сперматозоидов показала определенную их возрастную изменчивость (таблица 23) .

Таблица 23 – Качественная характеристика самцов стерляди

Показатель	Возраст производителей, год						
	3	4	5	6	7	8	9
Объем эякулята, мл	12,8	15,5	14,8	17,2	12,4	14,0	13,5
Время подвижности сперматозоидов, с	132	138	152	124	140	131	122

Так, объем эякулята у самцов увеличивался до возраста 6 годовиков, затем снижался. Подвижность сперматозоидов увеличивалась до возраста 5 годовиков, затем снижалась, но стабильности в тенденции не было. Можно признать, что самцы стерляди, выращенные в УЗВ, продуцируют сперму достаточно высокого качества, не уступающую по качеству спермы самцов из открытых рыбоводных систем [41].

При апробации гипофизарных инъекций положительный результат был получен при использовании суспензии карпового (сазаний, лещевый) гипофиза. Предварительная самкам 0,6 мг/кг (температура воды 10-12°C) и 0,5 мг/кг (температура воды 12-15°C). Через 12 часов разрешающая 5,4 мг/кг (10-12°C) и 4,5 мг/кг (12-15°C).

Самцам делали однократную инъекцию за 12 ч до предварительной для самок. При температуре воды 10-12 °С 4,2 мг/кг, при 12-15 °С - 3 мг/кг. В этом видится специфика инъекционирования самцов. Поскольку при одновременном инъекционировании самцов и самок не достигалось синхронности их спермации и овулирования икринок. Использование сурфагона было ограничено. Положительный отклик был получен при температуре воды 14-15 °С и разовой дозе препарата 4 мл на производителя массой от 1,5 до 2,5 кг.

Продолжительность овулирования икры у 78 - 92% самок (в разные годы), как правило, соответствовала временному диапазону, апробированному длительной практикой отечественного осетроводства [97, 304, 463]. Разницу до 100% составляли самки, не давшие овулировавшую икру до крайних сроков рекомендуемого диапазона. Оценку продуктивных качеств самок проводили по величине рабочей, относительной рабочей плодовитости и размеру (диаметру) икринок (табл. 24).

Таблица 24 – Продуктивные качества самок стерляди

Показатель	Возраст производителей, год						
	3	4	5	6	7	8	9
Рабочая плодовитость, тыс. шт	17,7	26,9	37,1	41,2	48,6	49,9	50,2
Относительная рабочая плодовитость, тыс. шт/кг	14,5	15,8	16,5	16,8	18,0	17,2	16,5
Диаметр икринок, мм	1,8	1,8	1,9	1,95	2,1	2,05	2,0

Из данных таблицы следует, что рабочая плодовитость у самок увеличивалась с возрастом. В изменении величины относительной рабочей плодовитости просматривается её увеличение у самок в возрасте 3-7 годовиков и стабилизация на близком уровне значений в возрасте 8-9 годовиков. Можно признать, что средняя по возрастным группам относительная рабочая плодовитость соответствует значениям, фиксируемым у самок в открытых рыбоводных системах, что подтверждает равнозначность их условиям искусственной экосистемы УЗВ. По диа-

метру икринок у самок во всех возрастных группах значения были ближе к нижней границе диапазона, отмечаемого в практике разведения стерляди (1,7-2,4 мм) [41, 46, 47].

Перед осеменением икру в сите освобождали от овариальной жидкости. Количество спермы, используемое для осеменения 1л икры, составляло в среднем 10 мл, предварительно разбавленной в 200 раз. Процесс осеменения не превышал 40 - 60 с, поскольку выработка клейкого вещества в оболочке икринок стерляди в отличие от других осетровых начинается рано. Обесклеивание раствором танина (6 г на 10 л воды) продолжалась 40 с. Продолжительность отмытки икры перед закладкой в аппараты Вейса 5 минут. В один не стандартный аппарат Вейса (5л) закладывали на инкубацию 150-200 мл икры (12-15 тыс. шт). Результаты инкубации представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Результаты инкубации

Показатель	Возраст производителей, год						
	3	4	5	6	7	8	9
Процент оплодотворения, %	68,5	78,3	82,5	87,8	92,0	88,0	82,5
Выход предличинок с инкубации, %	52,5	71,3	75,0	78,0	72,5	74,0	70,8
Продолжительность инкубации, до начала массового вылупления, сут	6,0	6,5	6,0	5,0	5,5	5,5	5,0
Температура воды, °С	15,5	15,5	16,0	17,0	16,5	16,5	17,0
Продолжительность вылупления, сут	2,0	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5	1,0

Меньший процент оплодотворения и выход предличинок с инкубации закономерно был ниже у впервые созревших производителей. С возрастом производителей величина этих показателей возрастала и достигла максимальной величины (88-92 и 75-78%, соответственно). У старшевозрастных 9 годовалых производителей снижалась до более низких значений (82,5 и 70,8%, соответственно). Но, в целом, указанные показатели не существенно отличались от фиксируемых в открытых рыбоводных системах. Диапазон температуры воды в период инкубации икры от 15 до 17 °С способствовал началу массового вылупления предличинок через 5-6,5 суток. Завершалась вылупление через 1-1,5 суток.

8.1.1.2 Выращивание посадочного материала

В разрезе фиксируемых лет исследований изучали проявление ростовой и адаптогенной потенции у потомства разновозрастных производителей стерляди, а также эффективность усвоения питательных веществ кормов.

Особенностью этапа выдерживания предличинок была реакция на температуру воды, проявляющаяся в продолжительности развития до выброса желточной пробки. Большая продолжительность была у предличинок впервые созревших производителей (11 суток при средней температуре воды 13,5 °С) таблица 7.2 (прилож. 7).

Меньшая (8 суток) у личинок старшевозрастных производителей, развивающихся при средней температуре воды 17,5 °С. Выживаемость предличинок в динамике, соответствующей изменению возраста производителей, отражала, в целом, закономерность, присущую многим рыбам. Когда более высокое качество половых продуктов, эмбрионов и личинок отмечают у средневозрастных производителей. Более низкое у молодых и старшевозрастных производителей. Несколько выпали из этого ряда данные по потомству производителей семигодовалого возраста. Выживаемость 62,5 % уступала не только данным по предличинкам трехгодовалых производителей (72%) , но и нормативным данным для открытых рыбоводных систем. То, что основная доля потерь произошла при роении предличинок, с одной стороны, является характерным для данного этапа, когда проявляются аномалии в развитии жизненных систем в преддверии начала кормления. С другой стороны, на это могли повлиять возможные отклонения в режимах инкубации икры. Оценка среднегодовых данных о выживаемости предличинок позволяет признать, что она превышает 80%. Поэтому можно признать эту величину как нормативную. Отмеченной ранее закономерности соответствовали данные о выживаемости личинок на этапе выращивания до малькового возраста, когда масса рыб достигала 1 г. Ниже она была у потомства младше возрастных производителей (65-67 %). Из этого ряда выпадали данные по потомству 6 годовалых производителей (58,2%). Возможно более высокая выживаемость на предыдущем этапе (95%) не отражает полноценность развития жизненных систем у рыб и аномалии проявились с опозданием на следующем. Вероятно, сложнее проходила адаптация к искусственному корму. Но, на что следует обратить внимание, то, что именно в этом году у личинок была зафиксирована наибольшая величина скорости массонакопления ($K_m = 0,107$). Наименьшая у потомства младше возрастных производителей ($K_m = 0,064-0,083$). Средней для потомства средне- и старшевозрастных производителей в личиночный период была величина K_m близкая к 0,1. Если учесть, что величина генетического коэффициента роста (K_r) равняется 0,22, в этом случае величина экологического коэффициента роста ($K_э$) составляла 0,45. Что означает, что доля влияния экологических условий составляла 45%. А это подтверждает ранее приводимое положение, высказанная В. Н. Жукинским (1964) о преобладающем влиянии на развитие эмбрионов и личинок наследственных качеств производителей.

При превышении молодью массы 1 г у неё формируется достаточно развитая адаптационная система, чтобы адекватно реагировать на действие экологических факторов. Это подтверждают данные по скорости массонакопления у молоди на этапе выращивания до 20 г. В большинстве случаев она была выше 0,105. Величина экологического коэффициента роста составила от 0,48 до 0,6, что соответствует среднему уровню раскрытия ростовой потенции ($K_э = 0,4-0,6$). Даже у потомства младше возрастных она соответствовала заданному диапазону ($K_э = 0,41$).

В целом, высокая, за исключением потомства младшевозрастных производителей, была выживаемость молоди, превышающая 80%. Это дает основание признать эту величину нормативной. То, что на этапе выращивания личинок до массой 1 г величина кормового коэффициента превышала 1,0 может рассматриваться как результат отвлечения значительной части энергии корма на функциональные нужды, потери части корма в период кормления личинок по поедаемости (табл. 26). Поэтому достигнутую среднюю величину кормового коэффициента следует учитывать как нормативную на данном этапе выращивания.

Таблица 26 – Суточные дозы кормления молоди стерляди

Температура воды, °С	Масса рыб, г					
	до 0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-3,0	3,0-10,0	10,0-20,0
16	по поедаемости	14	11	8	6	4
18		17	14	8	6	4
20		19	16	9	7	5
22		19	17	10	8	5
24		20	18	10	8	5
26		20	17	8	7	4

Кормление на этапе выращивания личинок до массы 0,1 г проводили по поедаемости, чтобы обеспечить доступность корма всем рыбам. Отчасти, определенная часть корма оставалась не съеденной и удалялась при чистке бассейнов. В дальнейшем за основу было взято нормированное кормление [432]. Эффективность кормления оценивали не только по величине кормового коэффициента, но и по коэффициенту массонакопления, отражающему объёмную функцию весового роста. В результате было установлено, что величина кормового коэффициента до 1,0 соответствовала величине коэффициента K_m больше 0,105.

Таким образом, выращивание посадочного материала до массы 20 г, когда его целесообразно переводить на товарное выращивание, основано на последовательном прохождении трёх этапов: - выдерживание предличинок при плотности посадки около 5000 шт/м², температуре воды 15-18 °С, уровне воды 0,2-0,3 м, водообмене 1 раз/ч, выживаемости более 80%; - выращивание личинок до массы 1 г при плотности посадки от 3 до 5 тыс. шт/м², температуре воды 17-22 °С, уровне воды 0,2 - 0,3 м, водообмене 1 раз /ч, выживаемости более 60%, величине коэффициента массонакопления 0,09 - 0,107, кормового коэффициента 1,12 - 1,28; - выращивание до массы 20 г при плотности посадки 1-1,5 тыс. шт/м², температуре воды 20,5 - 25,0 °С, уровне воды 0,4 - 0,6 м, водообмене 1 раз/ч, выживаемости более 80%, величине кормового коэффициента 0,89-1,08, коэффициента массонакопления 0,1 - 0,13.

Сопровождающими процессы выдерживания предличинок и выращивания молоди были значения рН в диапазоне значений 6,5 - 7,5, концентрации нитритов до 0,2 мг/л на первом и

втором этапах и до 0,3 - 0,5 мг/л на третьем этапе. Повышение до 0,3 - 0,5 мг/л были не продолжительными. Большую часть ниже 0,3 мг/л.

8.1.1.3 выращивание товарной рыбы

При выращивании стерляди в УЗВ следует рассматривать 2 весовые градации, соответствующие кондициям товарной массы: порционная рыба массой от 300 до 500 г и рыбы массой от 800 до 1000 г.

Порционная стерлядь

В течение 7 лет исследований были апробированы плотности посадки в диапазоне значений от 0,1 до 0,5 тыс. шт/м² (табл. 27). До достижения массы рыб около 100 г уровень воды был 0,6 м, далее уровень повышали до 1, 0 м. Водообмен сохраняли однократный (1 раз/ч). Влияние плотности посадки на скорость роста и продолжительность выращивания очевидна. Наименьшее значение Км было при плотности посадки 300-500 шт/м². Этому соответствовала наибольшая продолжительность выращивания, достигающая 400-520 сут. Но и при плотности посадки 0,2 - 0,3 тыс. шт/м² она была также значительная (300-500 сут), но этому соответствовала более низкая температура воды (17-22°С), отмечаемая в течение всего периода выращивания.

Таблица 27 – Результаты выращивания стерляди до массы 300-500 г

Показатель	Возраст производителей, год						
	3	4	5	6	7	8	9
Плотность посадки, тыс. шт/м ²	0,2-0,3	0,3-0,5	0,2-0,3	0,15-0,2	0,1-0,15	0,1	0,12-0,15
Выживаемость, %	58,8	60,2	78,8	84,8	90,2	92,5	85,4
Продолжительность, сут	300-500	400-520	250-300	200-250	150-200	130-165	120-150
Температура воды, °С	17,0-22,0	18,4-25,5	20,5-23,5	19,5-24,8	21,0-25,0	20,5-25,2	20,3-25,4
Водообмен, раз/ч	1	1	1	1	1	1	1
Уровень воды, м	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0
Км	0,03-0,04	0,028-0,035	0,045-0,047	0,055-0,062	0,068-0,078	0,085-0,095	0,085-0,105
Кормовой коэффициент	1,42	1,55	1,27	1,2	1,18	1,09	1,18

Дальнейшее исследование влияния более низкой плотности посадки (0,1 - 0,2 тыс. шт/м²) при более высокой температуре воды (20-25°С) показало, что большая скорость массонакопления и заметное сокращение периода выращивания установлены для плотности посадки 0,12-0,15 тыс. шт/м². Коэффициент массонакопления с учётом достигнутой массы (300-500 г) составил в размерных группах 0,085 - 0,105.

Влияние экологических условий на скорость массонакопления оценивается на уровне 39-48% ($Kэ = 0,39 - 0,48$), что соответствует среднему уровню раскрытия ростовой потенции. При более высокой плотности посадки (0,2-0,3 тыс. шт/м²) влияние экологических условий оценивается на уровне 25-28 % ($Kэ = 0,25 - 0,28$), что соответствует низкой степени раскрытия ростовой потенции [172, 366].

Продолжительность периода выращивания при среднем уровне раскрытия ростовой потенции составила 120-150 сут.

Более эффективным было усвоение питательных веществ искусственного корма в генерациях, выращиваемых в при плотности посадки 0,1-0,15 тыс. шт/м². При сопоставимости температурного режима (20-25°C) величина кормового коэффициента не значительно превышала 1,0 (1,09 - 1,18).

Очевидно, что в качестве нормативных показателей следует учитывать плотность посадки 0,12 - 0,15 тыс. шт/м², продолжительность выращивания 120-150 сут, величину коэффициента массонакопления 0,085 - 0,105, кормового коэффициента до 1,2. При этом температуру воды целесообразно поддерживать в течение периода выращивания от 20-21 до 25°C, рН от 6,5 до 7,5, концентрацию нитритов до 0,3 - 0,6 мг/л, большую часть периода до 0,3 мг /л.

Выращивание стерляди до массы 800 - 1000 г.

При выращивании стерляди повышенной весовой кондиции была испытана плотность посадки в диапазоне значений 0,07 - 0,12 шт/м² при уровне воды 1 м, водообмене 1 раз/ ч (табл. 28).

Таблица 28 – Результаты выращивания товарной стерляди до массы 800 – 1000 г

Показатель	Возраст производителей, год						
	3	4	5	6	7	8	9
Плотность посадки, тыс. шт/м ²	0,1-0,12	0,1-0,12	0,09-0,12	0,08-0,09	0,1-0,12	0,07-0,09	0,07-0,08
Выживаемость, %	88,0	85,5	90,2	87,8	87,9	92,8	94,5
Продолжительность, сут	250-290	240-270	200-240	190-215	200-230	170-220	180-200
Температура воды, °С	17,0-22,0	18,9-24,5	19,4-24,0	21,0-25,2	20,8-24,8	21,5-25,4	21,3-25,4
Водообмен, раз/ч	1	1	1	1	1	1	1
Уровень воды, м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Км	0,025-0,028	0,028-0,03	0,03-0,035	0,032-0,037	0,03-0,032	0,035-0,045	0,04-0,045
Кормовой коэффициент	1,62	1,55	1,52	1,43	1,67	1,48	1,44

Более высокая скорость массонакопления была установлена при плотности посадки 0,07 - 0,08 тыс. шт/м² ($Kм = 0,04 - 0,045$). При этом доля влияния экологических условий оценивает-

ся от 18 до 21% ($Kэ = 0,18 - 0,21$), что соответствует низкому уровню раскрытия ростовой потенции. Причина этого видится в переориентации обмена веществ в сторону генеративной составляющей при усилении развития половой системы. Наименьшая скорость массонакопления показана при плотности посадки 0,1-0,12 тыс шт/м² при более низкой температуре воды в течение периода выращивания (17 - 22°C), когда доля влияния экологических условий оценивается на уровне значений $Kэ = 0,11 - 0,13$. Соответственно, наибольшая продолжительность выращивания (250 - 290 сут) отмечена в этом варианте. Меньший по продолжительности (170 - 200 сут) был период выращивания при плотности посадки 0,07 - 0,09 тыс. шт/м².

Прямая связь плотности посадки была установлена с величиной кормового коэффициента. Плотность посадки 0,07 - 0,09 тыс. шт/м², кормовой коэффициент 1,43 - 1,48. Плотность посадки 0,1 - 0,12 тыс. шт/м², кормовой коэффициент 1,52-1,62. Обратная связь плотности посадки с величиной коэффициента массонакопления: плотность посадки 0,07 - 0,09 тыс. шт/м², коэффициент массонакопления 0,035 - 0,045. Плотность посадки 0,10 - 0,12 тыс. шт/м², коэффициент массонакопления 0,025 - 0,032.

Кормлению на базовом корме Aller Trident соответствовали суточные дозы (табл. 29), апробированные в диапазоне температуры воды 17,0 - 25,4 °С.

Таблица 29 – Суточные дозы кормления стерляди

Температура воды, °С	Масса рыб, г							
	20-50	50-100	100-200	200-400	400-600	600-1000	1000-1500*	1500 и более*
17	2,0	1,8	1,6	1,3	1,2	1,1	0,95	0,45
19	2,3	2,1	1,8	1,5	1,3	1,15	1,0	0,50
21	2,5	2,3	1,9	1,6	1,35	1,18	1,0	0,55
23	2,7	2,5	2,2	1,8	1,45	1,20	1,05	0,60
25	2,5	2,3	2,0	1,7	1,35	1,15	0,95	0,45

Примечание: * - рецептура корма для производителей Aller Sturgeon REP

Кратность кормления при выращивании рыб массой 200 – 300 г составляла 3 раза в сутки, массой 300 - 1000 г 2 раза в сутки, массой более 1000 г – 1 раз в сутки. При выращивании рыб массой 20-100 г размер гранул был 2-3 мм, массой 100-500 г – 3-4 мм, массой 500 - 1500 г - 6 мм, массой более 1500 г 6-8 мм.

Сопутствующими при выращивании товарной стерляди факторами были рН 6,5-7,5, концентрация нитритов до 0,6 мг/л, большую часть периода до 0,3 мг/л. Насыщение воды кислородом превышало 80% насыщения, большую часть периода выращивания 100-130 % насыщения. Минимальное содержание кислорода в воде, выходящей из бассейнов, 5 мг/л. Полученные в ходе исследований и апробированные на практике результаты положены в основу «Рыбо-

водно-биологических нормативов разведения и выращивания стерляди в УЗВ» (прилож. 7, табл. 7.3).

8.1.2 Клариевый сом (*Clarias gariepinus* Burchel, 1822)

Исторический период освоения клариевого сома на европейском континенте в качестве объекта индустриального рыбоводства относительно короткий по сравнению с другими объектами выращивания [506, 547]. Начальное лидерство Голландии в освоении технологий разведения и выращивания клариевого сома закрепилось в дальнейшем. Если в 1992 г. в Европе выращивали около 1300 т сома, из них в Голландии 75 %, то в 2009 г. уже более 7000 т, из них примерно такая же доля приходилась на Голландию [502, 521]. Перспектива введения клариевого (африканского) сома в рыбохозяйственный оборот обосновывалась, прежде всего, с позиции высокой по сравнению с другими рыбами величины рыбопродукции при выращивании в прудах в тропических странах, достигающей в пределах одного технологического цикла 12 – 40 т/га [530, 533].

Достигнутый к тому времени технический уровень УЗВ, реализуемый в статьяx затрат на выращивание рыбы, позволил оценить перспективу клариевого сома как наиболее продуктивного объекта.

В дальнейшем это подтвердилось широкой практикой сомоводства в УЗВ, когда нормой считается выращивать в течение одного завершеного технологического цикла 300 – 500 кг/м³ товарной рыбы. Есть данные о 700 кг/м³ [301].

Важным свойством оказалась высокая устойчивость клариевого сома к концентрации экзометаболитов и продуктов их преобразования: суммарно свободного аммиака и аммония до 10 мг/л, нитритов до 3 мг/л, нитратов до 1000 мг/л. По этому свойству к клариевому сому близок только европейский угорь [497]. Высокая интенсивность обмена веществ, которая достигает максимума при 27 – 32 °С, у клариевого сома сопряжена с высокой скоростью роста. При этом, учитывая высокую плотность посадки рыб в бассейны, в воду постоянно выделяется большое количество экскрементов. Поэтому требуются повышенные требования к механической очистке технологической воды. Поскольку механические фильтры со стабильным фильтрующим полотном в УЗВ для клариевого сома отличаются высокой трудоемкостью при регулярной частой промывке, то целесообразным является использование барабанных или дисковых фильтров [502].

Вопрос выбора режима освещенности при выращивании клариевого сома до конца не выяснен. Однозначно можно сказать, что при инкубации икры, выдерживании предличинок и выращивании молоди до массы 1 – 2 г освещенность не должна превышать 10 – 30 люкс [151].

По достижении указанной массы, при допустимой плотности посадки в несколько десятков тысяч штук на метр кубический, мутность и цветность воды существенно возрастают. Поэтому с этого момента и далее при выращивании посадочного материала и товарной рыбы освещенность на поверхности воды может быть до 100 люкс. Повышенная мутность также делает не эффективным в составе технических узлов УЗВ ультрафиолетового устройства. Но если, особенно, при пониженной плотности посадки или низкой температуре воды и уменьшенном кормлении, вода прозрачная, то целесообразно поддерживать освещенность на уровне 30 люкс [151].

Особенности пищеварительной системы клариевого сома отражаются на требованиях к составу кормов [205, 206]. Первое, на что следует обращать внимание – на продолжительность периода кормления личинок клариевого сома живым кормом (науплии артемии, хирономиды и др.), который должен быть 14 – 20 сут. Поскольку к этому времени отмечают формирование желудка и пилорических придатков и появляется возможность осуществлять пищеварительный процесс, свойственный взрослым рыбам [259]. Тем не менее, для формирования положительной хемосенсорной реакции у молоди на запаховый фон с первых суток выдерживания предличинок ежедневно в воду следует вносить суспензию сухого стартового корма. Кормление сухим кормом следует начинать на 5 – 7 сутки.

Целесообразная схема выращивания основана на выделении этапа кормления науплиями артемии в течение 14 – 20 сут, когда суточная доза составляет 50 % от массы личинок. С 5 – 7 суток кормления рацион целесообразно дополнять сухим стартовым кормом, содержащим 60 – 62 % белка, 12 – 15 % жира [497, 500]. Начальная доза стартового корма 1 %, с суточным градиентом 0,25 – 0,5 %, увеличивается к 12 – 20 суткам до 8 – 10 % от массы рыб. Далее в период выращивания до массы 5 г сохраняется суточная доза до 10 % [497].

В других источниках суточная доза сухого стартового корма при выращивании личинок при оптимальной температуре воды 26 – 28 °С составляет 25 – 28 %, для мальков массой 1 – 2 г 16 – 20 %, молоди массой 4 – 6 г 8 – 10 %, молоди массой 8 – 10 г 7,6 – 9,6 %, массой 5 – 50 г 6 – 8 %. Для рыб массой 50 – 150 г 5 – 6 %, массой 150 – 400 г 4 – 5 %, массой 1000 – 2500 г 3 % [254].

J. Adamek (2005) указывает, что при увеличении массы молоди от 5 до 20 г суточная доза стартового корма постепенно уменьшается от 5,5 до 5 % от массы рыб. Для рыб массой 21 – 40 г суточная доза корма 4,7 %, для рыб массой 50 – 60 г 4,4 %, массой 70 – 100 г 4,1 %, массой 120 г 3,8 %. Далее при увеличении массы сома на каждые 10 г суточная доза снижается на 0,1 %. При массе рыб 250 г составляет 3 %. Для рыб массой 300 г составляет 2,6 %, массой 400 г 2,2 %, массой 500 г 2 %, массой 600 г 1,8 %, массой 700 г 1,6 %; массой 800 г 1,5 %, массой 900 г – 1,3 %, массой 1000 г – 1,1 %, массой 1100 – 1300 г 0,9 %.

Сравнивая данные двух источников, различия в суточных дозах можно объяснить тем, что в первом даны осредненные данные для разных представителей сомовых рыб, в том числе ориентированные на отечественные рецептуры кормов. Во втором, учтены специализированные для клариевого сома рецептуры кормов [497].

Перевод кормления молоди сома на производственный корм объясняется экономической целесообразностью и физиологической подготовленностью усваивать корм, в составе которого содержание белка снижается до 37 – 40 %. Причем до 50 % это белок растительного происхождения [302]. Возможный размер молоди, как показывают разные данные, способной эффективно усваивать питательные вещества производственного корма 10 – 30 г [206].

При кормлении стартовым кормом молоди, выращиваемой до 20 г, величина кормового коэффициента, как правило, менее 0,7, при кормлении производственным кормом молоди до 200 г 0,65 – 0,8, при выращивании рыб массой от 250 до 1300 г 0,8 – 0,95 [497]. Однако, надо учитывать, что по достижении массы 500 – 800 г у сома значительная часть энергии обмена начинает направляться на генеративный обмен [493]. Поэтому возможно в зависимости от состава рецептуры производственного корма, увеличение кормового коэффициента более 1,0 [497]. Существенное влияние на величину кормового коэффициента может оказывать плотность посадки. Принимая оптимальной при выращивании товарного сома до 1000 г плотность посадки для рыб массой 30 – 50 г 500 шт/м³, следует предполагать, что средняя величина кормового коэффициента может составлять 0,82, при плотности посадки 1200 шт/м³ 0,85, при плотности посадки 2200 шт/м³ – 0,92 [183, 232, 399, 497].

Однако влияние выше обозначенных факторов не возможно без учета температуры воды. Принято считать, что ареал клариевого сома ограничен тропическими широтами, а минимальная температура выживания сома около 14 °С. Рост и размножение клариевого сома, в том числе культивируемого *Clarias gariepinus*, фиксируют в диапазоне температуры воды 18 – 32 °С [205, 496-499, 504, 506, 527, 529, 530]. Ранее было отмечено, что оптимальная для роста клариевого сома температура воды, чаще поддерживаемая в промышленных установках, составляет 27 – 29 °С.

Проведенный нами анализ, ввиду отсутствия литературных данных, позволил установить величину генетического коэффициента роста клариевого сома [366, 443, 461]. Ее следует принять равной 0,26. Поэтому в указанном диапазоне температуры воды при условии соответствия других абиотических и биотических факторов (частных экологических коэффициентов роста) максимальному раскрытию ростовой потенции, величина коэффициента массонакопления за период выращивания будет стремиться к 0,26. Так, подвергнув анализу данные J. Adamek (2005) и учтя их в известной формуле коэффициента массонакопления, установили, что Км на этапе выращивания молоди сома от 1 до 200 г составляет 0,252, а далее до товарной массы 1200

г 0,206. Это означает, что выращивание посадочного материала клариевого сома проходило в «идеальных» условиях, когда величина экологического коэффициента роста составила ($Kэ = 0,252/0,26$) 0,969. При выращивании товарного сома ($Kэ = 0,206/0,26$) 0,79.

Клариевый сом имеет очень высокий уровень разрешения биологической потенции, в частности на этапе размножения. Это отличает его от других объектов индустриального рыбоводства. Так, при оптимальной температуре воды, в зависимости от положения ядра в яйцеклетке, овуляция икры наступает, самое раннее через 7 ч, вплоть до 1 сут при температуре 18°C [497]. Продолжительность инкубации икры от 20 до 54 ч (табл. 30).

Таблица 30 – Продолжительность созревания самок клариевого сома после гипофизарных инъекций и инкубации икры [497]

Температура воды, °С	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Продолжительность созревания, ч	21	18	15	13	12	11	10	9	8	7,5	7
Продолжительность инкубации, ч	57	46	38	33	29	27	25	23	22	21	20

В созревании самок и самцов клариевого сома в УЗВ ориентироваться следует не на массу производителей, а на возраст. Так, впервые созревающих самок с икрой в IV стадии зрелости можно встретить как при массе 400 – 500 г, так и 1000 – 1200 г [205, 366]. Определяющими факторами являются температура воды и продолжительность выращивания ремонтного поголовья, сопряженные со скоростью роста рыб. Считается, что лучшее качество икры у самок, имеющих массу не менее 1500 – 2000 г, спермы у самцов, имеющих массу не менее 2500 – 3000 г [493].

При этом относительная рабочая плодовитость самок клариевого сома может быть от 100 до 150 тыс. икринок/кг массы самки, а рабочая в зависимости от массы тела от 70-80 до 700 тыс. икринок, средняя 200 – 300 тыс. икринок [366, 493]. Диаметр икринок от 1,2 до 1,5 мм. Соответственно размеру икринок и величине относительной рабочей плодовитости величина коэффициента зрелости у самок разного возраста и размера может быть от 15 до 20 % [493]. С учетом того, что при очередных (последовательных) циклах созревания максимальная величина коэффициента зрелости достигается у самок через 2,5 – 3 мес, то это обосновывает многократное использование самок в течение года для получения потомства [443, 450, 493].

У самцов клариевого сома по аналогии с канальным, зрелая сперма скапливается в передней краевой зоне. Спермация носит волнообразный характер в течение года. Самцам свойственна асинхронность в созревании и спермации. Поэтому в течение года можно встретить самцов с разным количеством зрелого семенного материала [366, 443, 450]. Это вынуждает делать резерв самцов в период искусственного воспроизводства, что гарантирует получение необ-

ходимого количества спермы. Для осеменения 1 л икры достаточно 3 – 5 мл спермы [366, 254]. Однако, при высокой степени зрелости семенников количество собираемой спермы может измеряться 10 – 20 мл [497]. При этом часто имеет место ситуация, когда один из извлекаемых семенников наполнен зрелой спермой, а другой слабо развит [232, 399].

Недостатком клариевого сома принято считать присущий ему каннибализм, проявляющийся еще на личиночных этапах, когда масса рыб составляет 100 – 300 мг. Максимум его проявления в период выращивания молоди массой от 1 до 80 – 100 г. Резко снижается по достижении сомом массы 150 г [497].

Однако существенно снизить проявление каннибализма могут частые сортировки, особенно, при массе рыб от 1 до 50 г (2 – 4 раза в месяц), обильное (обоснованное) кормление. В этом случае выживаемость сома на всех этапах производственного процесса сопоставима с другими объектами индустриального рыбоводства [254].

Также как эффективность кормления. Причем положительная отдача отмечена на разные по составу рецептуры кормов, как высокобелковые, так и низкобелковые. Различия отмечают в скорости роста и величине кормового коэффициента [399, 443].

8.1.2.1 Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада

Ранее отмечено, что на раскрытие ростовой потенции у клариевого сома, решающее влияние оказывают температура воды и плотность посадки [440]. Первое созревание в большей степени определяется возрастом рыб, чем достигнутой массой рыб. При поддержании температуры воды в широком диапазоне (21 – 30 °С), перестройка в обмене веществ у клариевого сома, приводящая к возрастанию генеративной составляющей, начинается, как правило, при увеличении массы рыб до 300 – 500 г (.). Следствием этого должно быть уменьшение скорости роста рыб. К тому же, особенности физиологии рыб проявляются в способности в течение года как самцами, так и самками накапливать многократно порции зрелых половых продуктов. Такая ритмичность в созревании в течение репродуктивного периода жизни, особенно в условиях управляемого температурного режима, обосновывает определённую стабильность в реализации ростовой потенции. Это подтверждают данные наших исследований, позволившие определить ростовую потенцию клариевого сома в период формирования ремонтно-маточного стада при отличном температурном режиме и плотностях посадки [440].

Первый вариант формирования ремонтно-маточного стада предполагал переменный режим температуры воды (рис. 62). Максимальная температура воды была на личиночных этапах выращивания (до 27 °С), минимальная (22 – 22,8 °С) на этапе выращивания молоди, масса которой в двух размерных группах изменялась от 62 до 362 г. В последующие месяцы были отмечены колебания температуры воды (23,5 – 25,0 °С). В целом, средняя температура воды (24,0 °С) в период формирования ремонтно-маточного стада клариевого сома была ниже того уровня

(27 – 29 °С), при котором ростовая потенция рыб раскрывается на высоком уровне. Поэтому в группе рыб с опережающим ростом масса 1000 г была достигнута в возрасте 6 мес, в группе среднеразмерной в возрасте 10 мес. С учетом опережения в скорости роста первая группа рыб была использована для формирования и последующей эксплуатации маточного стада.

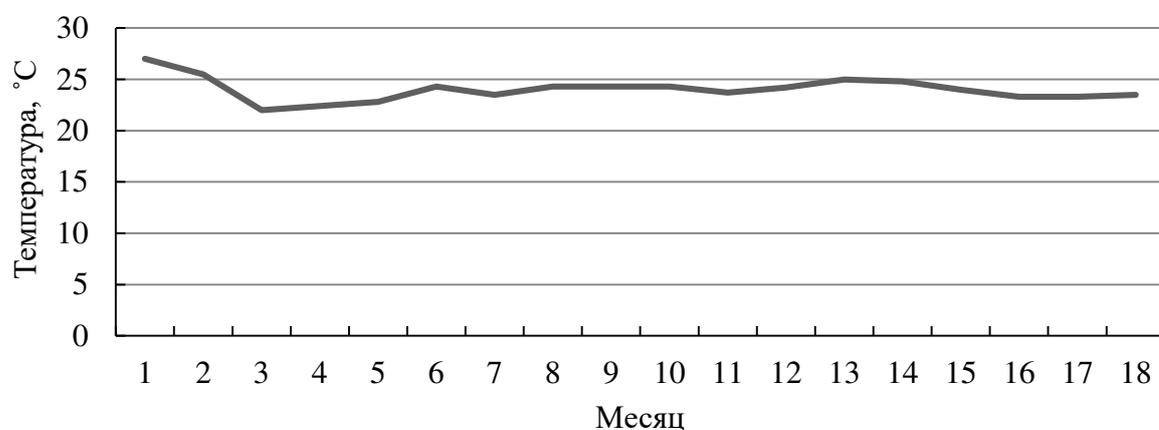


Рисунок 62 – Изменение температуры воды в период формирования ремонтно-маточного стада клариевого сома

В динамике скорости роста в двух выделенных при первой сортировке мальков (средняя масса 1,6 г) группах рыб отмечена сходная картина. Опережение в скорости роста рыб в группе крупной молодежи отмечали на этапе выращивания, когда была достигнута масса 500 – 700 г. Величина коэффициента массонакопления достигала 0,225 – 0,229. Средняя за этот период 0,14. В группе среднеразмерных рыб максимальная величина K_m была 0,216, а средняя за период 0,105.

В дальнейшем отмечено снижение скорости роста. В этот период скорость роста была выше в группе рыб, отстающих в росте. Для этой группы показана большая максимальная скорость массонакопления ($K_m = 0,134$). Средняя за второй период скорость массонакопления в этой группе была 0,093. Средняя скорость массонакопления в группе рыб с опережающим ростом составила 0,077. Отставание в скорости массонакопления этой группы рыб закономерно можно связать с более ранним созреванием половых продуктов и отвлечением обменной энергии на генеративную составляющую.

После разделения группы крупных рыб по полу была прослежена динамика роста самцов и самок в границах периода, когда были получены две генерации потомства (март и август). Первое созревание производителей проходило на фоне снижения скорости массонакопления у самцов до 0,039, у самок 0,017 (рис. 63).

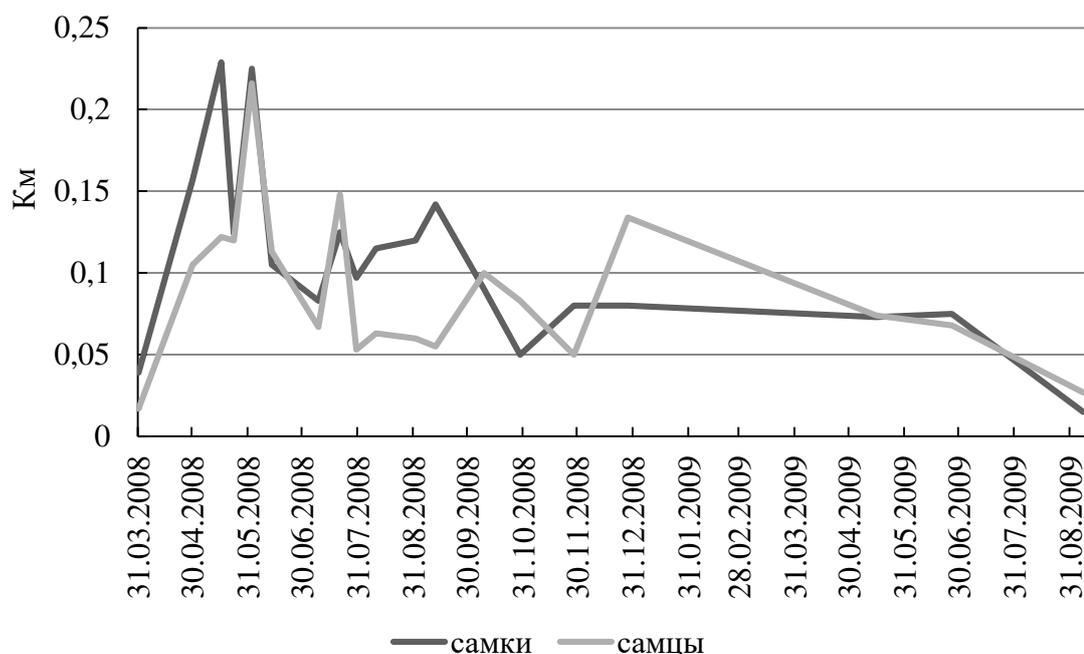


Рисунок 63 – Изменение Км у клариевого сома в период формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада

При повторном созревании в первую половину межнерестового нагула отмечали увеличение скорости массонакопления до 0,073 – 0,075 у самцов и 0,068 – 0,074 у самок. Во вторую половину зафиксировали снижение скорости массонакопления до 0,027 у самок и 0,015 у самцов.

За 9 мес. выращивания производителей средняя масса самок увеличилась с 2150,0±122,3 г до 4180,0±175,5 г, самцов с 1720,0±57,5 г до 3680,0±183,5 г. Средняя скорость массонакопления за период составила у самок 0,039, у самцов 0,044.

Средняя скорость массонакопления за межнерестовый период составила у самок 0,049, у самцов 0,046. В течение всего периода исследований содержание растворенного в воде кислорода изменялось от 3,3 до 7,7 мг/л, концентрация нитритов от 0,15 до 4,2 мг/л, рН от 6,9 до 8,4.

Плотность посадки личинок и мальков до первой сортировки была 10 тыс. шт/м³. После сортировки в группе крупной молодежи 800 шт/м³. В группе отстающей в росте молодежи 1500 шт/м³. После достижения средней массы в группах 62 – 137 г плотность посадки снизили до 400 и 600 шт/м³, соответственно в первой и второй группах. По достижении средней массы 290 – 520 г до 200 и 400 шт/м³, соответственно.

После формирования группы производителей плотность посадки снизили до 50 шт/м³. Выживаемость ремонтного поголовья на первом этапе была в группе крупных рыб 75,5 %, в группе отстающих в росте 60,9 %. На втором этапе 88,9 и 60,0 %, соответственно. На третьем 99,0 и 94,5 %, соответственно. В период выращивания производителей отходов не было.

Второй вариант формирования ремонтно-маточного стада клариевого сома предполагал поддержание стабильного температурного режима (прилож. 7, рис. 7.1). Температура воды в течение всего периода изменялась от 27,0 до 28,0 °С. Средняя 27,5 °С.

В трех, сформированных по окончании первого месяца выращивания, размерных группах средняя динамика роста была в группах рыб со средней скоростью массонакопления и отстающих в росте (рис. 64). После снижения скорости массонакопления до низких значений ($K_m = 0,041$ и $0,055$) последовало увеличение до $0,266$ и $0,308$, соответственно.

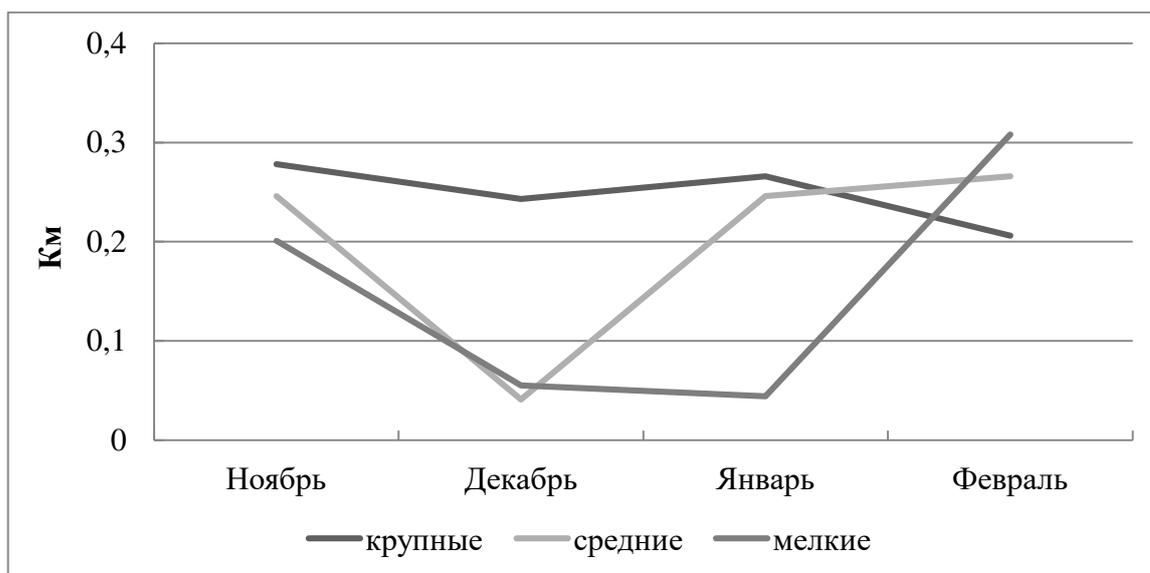


Рисунок 64 – Изменение величины коэффициента массонакопления у клариевого сома в период формирования ремонтно-маточного стада

В группе рыб с опережающим ростом ростовая потенция в течение выделенного периода раскрывалась на стабильно высоком уровне ($K_m = 0,266 - 0,278$). В этой группе клариевый сом за три месяца выращивания увеличил массу тела от $10,2 \pm 1,3$ г до $1008,0 \pm 132,5$ г. В группе отстающих в росте рыб от $5,1 \pm 0,89$ г до $405,0 \pm 17,8$ г. Если в первом варианте массу близкую к 1000 г сом достиг в возрасте 6 мес, то в настоящем в 4 мес. Высокая скорость массонакопления ($0,206$) в этой группе сохранялась в следующем месяце, когда средняя масса рыб составила $1770,0 \pm 175,5$ г и они были рассортированы по полу.

В группе среднеразмерной рыбы достигли массы близкой к 1000 г ($997,0 \pm 75,5$ г) в возрасте 5 мес. В группе отстающих в росте рыб в возрасте 6 мес ($985,7 \pm 91,7$ г). Средняя скорость массонакопления сома на этапе выращивания до массы близкой к 1000 г составила в первой группе $0,247$, во второй $0,196$, в третьей $0,163$.

Самцы сома за четыре месяца выращивания увеличили массу с $1680,0 \pm 192,0$ г до $3790,0 \pm 202,5$ г, самки с $2082,0 \pm 137,5$ г до $4528,5 \pm 203,8$ г. Скорость массонакопления самок и самцов имела сходную тенденцию уменьшения на первом этапе, увеличения на втором и стаби-

лизацию на третьем (рис. 65). Максимальная скорость массонакопления у самок была в первый месяц и составила 0,132, у самцов 0,162. Минимальная у самок 0,018, у самцов 0,04.

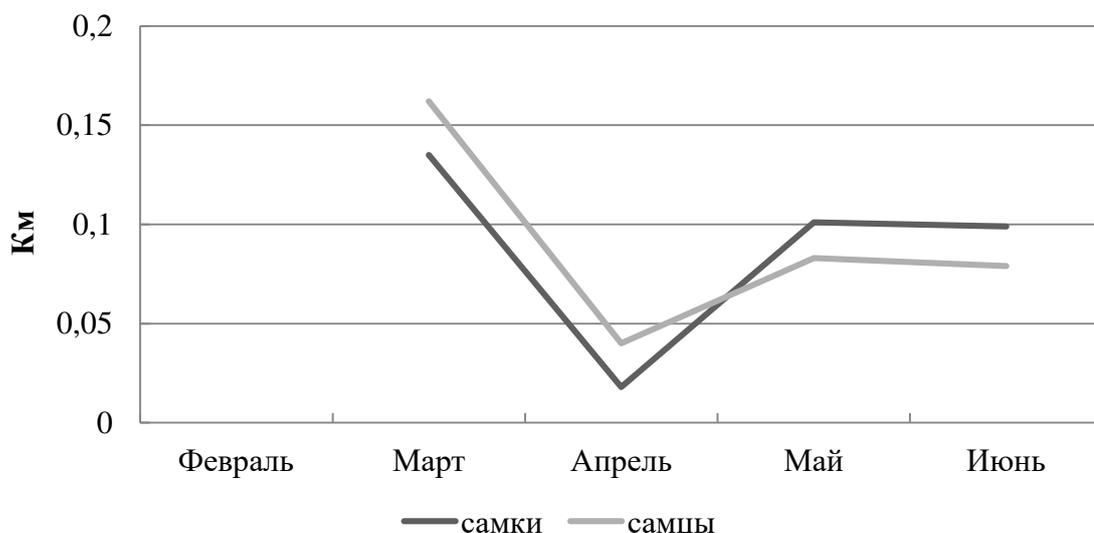


Рисунок 65 – Изменение величины коэффициента массонакопления (Kм) у производителей канального сома

Средняя за период выращивания скорость массонакопления составила у самок 0,094, у самцов 0,093. Средняя скорость массонакопления самок за межнерестовой период (апрель – май) составила 0,091, самцов 0,081.

Более высокий и стабильный температурный режим во втором варианте способствовал большей скорости роста ремонтного поголовья и половозрелых рыб, чем в первом варианте.

Согласно данным Ю.А. Юшковой (2009) период формирования следующей генерации икры у самок клариевого сома составляет от 1,5 до 3 мес. Причем период продолжительностью 3 мес предпочтителен с позиции получения более качественной икры при максимальной величине коэффициента зрелости.

Поэтому, очевидно, что стимулирование второго созревания у самок и самцов проходило, когда яичники и семенники не достигли дефинитивного размера, а половые клетки соответствующего уровня развития. Подтверждением тому может быть достаточно интенсивный рост производителей. А также качество половых продуктов, о чем будет сказано ниже.

Содержание растворенного в воде кислорода в течение всего периода исследований было от 3,5 до 7,5 мг/л, концентрация нитритов от 0,22 до 3,8 мг/л, рН от 7,2 до 8.

Плотность посадки на этапе выращивания личинок была 5 тыс. шт/м³, на этапе выращивания молоди от массы 5 – 10 г до 50 – 120 г 600 – 800 шт/м³, до массы 120 – 400 г 500 – 600 шт/м³, до массы 400 – 1000 г 400 – 450 шт/м³. Рыб большей массы выращивали при плотности посадки 50 шт/м³.

Выживаемость молоди на первом этапе составила 81,2 %, 84,5 и 79,0 %, соответственно в группах крупной, среднеразмерной и отстающей в росте молоди. На втором этапе, соответственно: 87,3 %, 89,7 и 81,5 %, на третьем: 96,0 %, 94,9 и 83,1 %. Выживаемость среднеразмерных рыб на этапе выращивания до массы 1000 г составила 91,4 %. Отстающей в росте на этапе выращивания от 100 до 400 г 95,1 %, от 400 до 1000 г 97,8 %. Выживаемость самцов и самок в период выращивания и эксплуатации была 100 %.

Кормление ремонтного поголовья в первом варианте осуществляли кормами Aller Futura, Aller Bronze, производителей Aller Sturgeon REP. Во втором варианте ремонтное поголовье кормили кормами рецептур Aller Futura, Aller Forelle (экструдированные, плавающие, содержание белка 47 %, жира 12 %), производителей кормом Aller Sturgeon REP. Суточные дозы корма в соответствии с массой рыб составляли (табл. 31):

Таблица 31 – Суточные дозы кормления клариевого сома, %

Первый вариант		Второй вариант	
Масса, г	Суточная доза, %	Масса, г	Суточная доза, %
1 – 3	8,0	1 – 3	8,0
3 – 5	6,0	3 – 5	7,0
5 – 10	5,0	5 – 10	6,0
10 – 30	4,5	10 – 20	5,0
30 – 60	4,0	20 – 30	4,7
60 – 100	3,8	30 – 60	4,5
100 – 150	3,5	60 – 100	4,2
150 – 200	3,2	100 – 150	3,9
200 – 300	2,5	150 – 200	3,6
300 – 500	2,0	200 – 300	3,0
500 – 700	1,5	300 – 500	2,3
700 – 1000	1,2	500 – 700	1,7
1000 – 1500	0,7	700 – 1000	1,4
1500 – 2000	0,5	1000 – 1500	0,9
более 2000	0,3	1500 – 2000	0,7
		более 2000	0,4

Более высокая температура воды во втором варианте обосновывала целесообразность увеличения суточной дозы кормления. Сочетание суточной дозы, температуры воды определили скорость роста рыб и величину кормового коэффициента (прилож. 7, рис. 7.2, 7.3). При более низкой температуре воды в первом варианте для всех размерных групп показана большая величина кормового коэффициента. Значения кормового коэффициента меньше 1,0 зафиксированы на этапах выращивания рыб до массы 420 г в группе рыб с опережающим и средним по скорости ростом. Наибольшая величина кормового коэффициента отмечена на этапе выращивания производителей. При этом она больше для самцов (2,02), чем для самок (1,78).

При стабильно высокой температуре воды величина кормового коэффициента меньше 1,0 отмечена на этапах выращивания рыб до массы 1000 г. Наибольшая величина кормового коэффициента на этапе выращивания производителей. Большая для самцов (1,81), меньшая для самок (1,68). Оценка качества половых продуктов показала, что по величине рабочей и относительной плодовитости в обоих вариантах самки клариевого сома существенно не отличались. В основе этого близкая, несмотря на существенные различия в возрасте, средняя масса самок (табл. 32, 33).

Таблица 32 – Характеристика половых продуктов у производителей клариевого сома

Показатели	Впервые созревающие	Повторно созревающие
1-й вариант		
Рабочая плодовитость, тыс. шт.	272,7	551,7
Относительная рабочая плодовитость, тыс. шт./кг	112,7	132,0
Диаметр икринок, мм	1,32	1,38
Время подвижности сперматозоидов, с	20	28
Процент оплодотворения икры, %	73,8	85,5
Выход предличинок, %	64,5	72,0

Таблица 33 – Характеристика половых продуктов у производителей клариевого сома

Показатели	Впервые созревающие	Повторно созревающие
2-й вариант		
Рабочая плодовитость, тыс.шт.	355,0	586,0
Относительная рабочая плодовитость, тыс. шт./кг	117,5	129,5
Диаметр икринок, мм	1,25	1,22
Время подвижности сперматозоидов, с	22	25
Процент оплодотворения икры, %	81,5	75,5
Выход предличинок, %	58,2	64,3

Более продолжительный период преднерестового и посленерестового нагула самок в первом варианте, как следует из таблиц, отразился на большем диаметре икринок у впервые и повторно созревших самок. Но не отразился на времени подвижности сперматозоидов, которое было близким у самцов в обоих вариантах (20 – 28 с).

Если во втором варианте процент оплодотворения икры был больше у впервые созревших производителей, то у повторно созревших на 10 % ниже, чем в первом варианте. Причина этого, как было отмечено ранее, в более раннем стимулировании самок (через 2 мес, против 3 мес). Соответственно, закономерным следует признать больший процент выхода предличинок с инкубации. Однако у впервые созревших производителей во втором варианте процент оплодотворения икры был выше, но меньший выход предличинок с инкубации компенсировал результативность искусственного воспроизводства.

Таким образом, возможный диапазон температуры воды при формировании и эксплуатации ремонтно-маточного стада, который может быть рекомендован при искусственном воспроизводстве 23 – 28 °С. Возможная кратность сокращения продолжительности формирования ремонтно-маточного стада сома при средней температуре воды 27,5 и 24,0 °С составляет 1,5.

Рекомендуемая плотность посадки при выращивании ремонта до 1- 2 г – 5-10 тыс. шт/м³, до 120 г – 800 шт/м³, до 400 г – 500 шт/м³, до 1000 г – 450 шт/м³. Для производителей рекомендуемая плотность посадки 50 шт/м³.

Выживаемость ремонтного поголовья на этапах выращивания до массы 120 г – около 82 %, до массы 400 г – 88 %, до 1000 г – 95 %. Выживаемость производителей клариевого сома близка к 100 %.

Высокая плодовитость самок клариевого сома в сочетании со средними для объектов индустриального рыбоводства показателями процента оплодотворения икры и выхода предличинок отражают их способность продуцировать большое количество потомства.

8.1.2.2 Выращивание посадочного материала

Ранее было отмечено определяющее влияние температуры воды и плотности посадки на рост клариевого сома на этапах формирования ремонтно-маточного стада. В связи с этим предлагается рассмотреть два апробированных варианта выращивания молоди клариевого сома при разной температуре воды и плотности посадки.

В первом варианте, с учетом имевшихся рекомендаций и ранее апробированных режимов выращивания, плотность посадки личинок и мальков клариевого сома была близкой к нормируемым значениям [205, 429, 440, 497]. На этапе выращивания до средней массы 5,3 г она была установлена в начале 40 тыс. шт/м³, после первой сортировки понижена до 25 тыс шт/м³, после второй до 6 тыс. шт/м³.

Температура воды в течение всего периода выращивания посадочного материала до конечной массы в трех размерных группах, соответственно 8,2±0,78 г (отстающие в росте), 13,2±1,01 г (среднеразмерные), 18,7±0,87 г (с опережающим ростом), постепенно понижалась (прилож. 7, рис. 7.4). Однако диапазон колебаний был незначительный (0,6 °С), средняя температура воды составила 25,8 °С. Концентрация кислорода в циркулирующей воде в УЗВ, в кото-

рых в качестве биофильтра использовали биореактор, не опускалась ниже 3,5 мг/л. В первую половину периода была в диапазоне значений от 4,8 до 7,8 мг/л. Концентрация нитритов в первую половину периода не превышала 0,35 мг/л, во вторую повышалась до 0,92 мг/л.

Величина водородного показателя изменялась от 7,5 – 8,0 в первую половину периода до 7,2 – 7,7 во вторую. Продолжительность периода выращивания посадочного материала составила 65 сут. Первая сортировка на две размерные группы была проведена по достижении мальками средней массы 0,82 г, вторая 5,3 г. Как следует из рис 7.5 (прилож. 7), ростовая потенция у молоди клариевого сома после первой сортировки раскрывалась, преимущественно, на относительно низком уровне. Лишь в группе крупной молоди после сортировки скорость массонакопления увеличилась до уровня средних значений ($K_m = 0,17$), но затем снизилась до близких с группой мелкой молоди (0,064 – 0,107 и 0,056 – 0,1, соответственно). После второй сортировки и разрежения плотности посадки до 6 тыс. шт/м³ существенно возросла до уровня средних и высоких значений. В группе молоди с опережающим ростом до 0,233 – 0,279, в группе средне-размерной молоди до 0,227 – 0,231, в группе молоди, отстающей в росте, до 0,17 – 0,216. Средняя скорость массонакопления молоди за 65 сут выращивания в первой группе составила 0,158, во второй 0,137, в третьей 0,119.

Выживаемость молоди в период выращивания до второй сортировки составила в первой группе 82,0 %, во второй 71,5 % (прилож. 7, рис. 7.6). В следующий период в первой группе 94,2 %, во второй 93,8 %, в третьей 89,5 %. Основные потери поголовья следует отнести к проявлению у молоди каннибализма. J. Adamek (2005) в своей монографии отмечает, что если не проводить своевременно сортировки, лимитировать кормление, то потери поголовья на этапах выращивания молоди до массы 100 – 150 г из-за каннибализма могут быть угрожающими (до 80 – 90 %).

Кормление молоди проводили, придерживаясь известных рекомендаций J. Adamek (2005) и корректируя с учетом пищевой активности, температуры воды и скорости роста рыб на предыдущем текущему контрольному облову этапу.

Изменение величины суточной дозы стартового корма отражено в таблице 34.

Таблица 34 – Суточные дозы корма для молоди клариевого сома, % от массы рыб

Масса рыб, г	Суточная доза корма
0,007-0,05	12-15
0,05-0,3	10-12
0,3-1,0	10
1,0-5,0	6-7
5,0-10,0	5-6
10,0-20,0	5
20,0-40,0	4,6

В период выращивания молоди после первой сортировки эффективность конвертации пищи на прирост массы были высокой (0,59 – 0,61, соответственно в первой и второй группах), согласующейся с данными разных авторов [54, 205, 497].

После второй сортировки значения кормового коэффициента увеличились до 0,85 в первой и второй группах молоди и 1,02 в третьей (прилож. 7, рис. 7.7). Величина кормового коэффициента, в целом, соответствуют рекомендуемому диапазону значений для рыб из групп крупных и среднеразмерных рыб. В группе рыб, отстающих в росте эффективность усвоения корма была ниже, что можно связать с отставанием в развитии пищеварительной системы и генетически заложенной ростовой потенции.

Во втором варианте ставилась цель, основываясь на данных о раскрытии ростовой потенции у сома при формировании ремонтно-маточного стада, оптимизировать температурный режим и плотности посадки молоди.

Температура воды в течение 41 сут выращивания посадочного материала изменялась от 27,0 до 27,5 °С (прилож. 7, рис. 7.8). Содержание растворенного в воде кислорода изменялась от 7,2 – 8,0 мг/л в начале периода до 3,5 – 4,2 мг/л в конце. Концентрация нитритов, соответственно, от 0,15 – 0,25 мг/л до 2,5 – 3,0 мг/л. Величина водородного показателя изменялась от 7,4 до 8,2.

Динамика роста молоди сома после проведения единовременной сортировки при достижении средней массы $7,8 \pm 0,85$ г отличалась от отмеченной в первом варианте.

На протяжении всего периода отмечали стабильный градиент возрастания скорости массонакопления (Км) от 0,079 до 0,245 (прилож.7, рис. 7.9). После сортировки скорость массонакопления в группе рыб с опережающим ростом увеличилась до 0,367, в группе среднеразмерной молоди до 0,322, в группе отстающей в росте молоди до 0,273. Средняя за период скорость массонакопления в первой группе составила 0,218, во второй 0,198, в третьей 0,168, существенно превысив скорость роста молоди в первом варианте (0,158; 0,137 и 0,119, соответственно).

Высокому уровню разрешения ростовой потенции способствовала не только температура воды, но и плотность посадки, которая в период выращивания молоди до массы 7,5 г была 10 тыс. шт/м³, после проведенной сортировки 2000 шт/м³.

Конечная масса посадочного материала составила в первой группе $31,5 \pm 2,52$ г, во второй $23,9 \pm 1,77$ г, в третьей $14,9 \pm 0,81$ г. Выживаемость молоди в первый период выращивания составила 72,1 %. Во второй период в первой группе 95,5 %, во второй 93,7 %, в третьей 90,8 % (прилож. 7, рис. 7.10). В первый период отходы молоди были связаны не только с проявлением каннибализма, но и отклонениями в физиологии рыб при переходе на питание искусственным

кормом. Во второй, преимущественно по причине проявления каннибализма. Но, в целом, выживаемость посадочного материала клариевого сома была высокой.

Суточные дозы стартового корма учитывали перевод при достижении массы молоди 10 – 15 г кормления с традиционной рецептуры Aller Futura на местную рецептуру РКС-9, калорийность которой составляла 3220 ккал/кг, содержание белка 40,0 %, жира 12,7 %. Рецептура была основана на рыбной муке, пшенице мелкого помола, подсолнечном шроте, мясокостной муке, подсолнечном масле, витаминном премиксе.

Данные о суточной дозе корма приведены в таблице 35. Они отличаются от первого варианта несколько большими значениями для размерных групп массой более 10 г с учетом температуры воды и переходом на новую рецептуру корма. Эффективность кормления в первый период выращивания молоди была сопоставима с первым вариантом ($K/k = 0,61$), но несколько ниже во второй период, когда кормовой коэффициент составил в группе рыб с опережающим ростом 0,9, со средним скоростью роста 0,91, с замедленной скоростью роста 1,05 (прилож. 7, рис. 7.11). Это можно связать с переходом на менее калорийный корм. В то же время, достигнутая величина кормового коэффициента позволяет говорить о способности молоди эффективно переваривать корм, который по своим характеристикам соответствует продукционному. Что подтверждает положение, выдвинутое Н.А. Остроумовой (2012) о формировании у молоди, соответствующего размера и возраста способности к перевариванию пищи аналогично взрослой рыбе.

Таблица 35 – Суточные дозы корма для молоди клариевого сома, % от массы рыб

Масса рыб, г	Суточная доза корма
0,007-0,05	12-15
0,05-0,3	10-12
0,3-1,0	10
1,0-5,0	6-7
5,0-10,0	5-6
10,0-20,0	5,5-6
20,0-40,0	5,0-5,5

Таким образом, при выращивании посадочного материала сома можно ожидать при увеличении градиента средней температуры воды на 1,4 °С в диапазоне 25,8 – 27,2 °С, сокращения продолжительности периода в 1,5 раза.

Сокращение плотности посадки в 1,5 – 2 раза на этапе выращивания молоди до 5 – 7 и в 3 раза на этапе выращивания до 15 – 40 г, соответствующее размерной структуре генерации, способствует также ускорению роста. Суммарный эффект ускорения роста составляет по группе

крупного посадочного материала 38 %, по группе среднеразмерного 44,5 %, по группе мелкого 41 %. При этом эффективность кормления молоди остается высокой во всех вариантах.

8.1.2.3 Выращивание товарной рыбы

При выращивании товарного сома были апробированы также два варианта температурного режима и плотности посадки.

В первом варианте средняя за период выращивания температура воды составила 25,8 °С (прилож. 7, рис. 7.12). Содержание растворенного в воде кислорода изменялась от 2,3 до 4,2 мг/л. Поддержанию кислородного режима способствовало использование биофильтров с периодически регенерируемой загрузкой, с определенным интервалом (раз в 2 – 3 сут) переводимых в режим кипящего слоя (биореактор). Концентрация нитритов изменялась от 0,82 до 3,5 мг/л. Величина водородного показателя от 7,2 до 8,1. В динамике роста отмечена последовательная смена периодов его ускорения до 0,23 – 0,327 (первый пик), 0,25 – 0,38 (второй пик) и 0,24 – 0,347 (третий пик) и снижения до 0,057 – 0,092 (первый минимум), 0,069 – 0,122 (второй минимум), 0,081 – 0,096 (третий минимум).

Средняя скорость массонакопления за весь период составила в группе крупных рыб 0,161, в группе среднеразмерных 0,144, в группе мелких рыб 0,135 (прилож. 7, рис. 7.13). Следует отметить, что она оказалась выше, чем у посадочного материала, что может говорить о более сбалансированном взаимоотношении организма рыб со средой обитания.

Если первые пики и падения скорости массонакопления можно связать с после сортировочным эффектом, то вторые с нарастанием общей массы рыб и возрастанием конкуренции за пространство и пищу. Отмечено, что при высокой нагрузке популяции рыб в бассейне у них возрастает частота «плавательного скачка» и заглатывания воздуха, что требует дополнительных затрат энергии.

Последнее снижение скорости роста можно связать с возрастанием доли генеративного обмена.

Средняя масса сома в трех размерных группах увеличилась за 115 сут выращивания до 978,0±15,2 г в первой, 685,0±13,8 г во второй и 520,0±17,8 г в третьей. При этом величина рыбопродукции в первой группе составила 479 кг/м³, во второй 334 кг/м³, в третьей 369 кг/м³.

Общая продолжительность выращивания с момента начала питания личинок, составила 180 сут. Все отмеченные размерные группы могут рассматриваться как соответствующие весовому стандарту товарной рыбы.

Плотность посадки в начале этапа выращивания товарной рыбы была установлена в первой и второй группе 1500 шт/м³, в третьей 3000 шт/м³, что позволяло сблизить начальную нагрузку биомассы рыб в объеме воды в бассейне. После очередной сортировки при разделении рыб на группы со средней массой 470,0 г, 282,0 г и 142,0 г плотность посадки в первой и второй

группах снизилась до 750 шт/м³, в третьей до 1200 шт/м³. В завершающий период после разделения рыб на размерные группы со средней массой 885,0 г, 505,0 г и 407,5 г установили плотность посадки в первой и второй группах 500 шт/м³, в третьей 750 шт/м³.

Более низкая выживаемость сома в трех размерных группах за 3 и 4 месяца выращивания объективно связана с проявлением у рыб каннибализма. В дальнейшем она зафиксирована на уровне высоких значений (прилож. 7, рис. 7.14). В завершающие месяцы приблизившись к 100 % (97,0 – 99,8 %).

Суточные дозы кормления устанавливали с учетом имевшихся рекомендаций [497], температуры воды и скорости роста рыб (табл. 36). Эффективность кормления в группах рыб с опережающей и средней скоростью роста в первые три месяца выращивания была достаточно высокой ($K_k=0,92 - 1,15$). В группе рыб, отстающих в росте существенно выше (1,22 – 1,34). Однако в третий месяц выращивания оказалась столь же эффективной, что и группе среднеразмерных рыб (1,0). В дальнейшем эффективность конвертации пищи на прирост массы рыб существенно снизилась во всех размерных группах (1,28 – 1,51), что можно связать с отвлечением обменной энергии на генеративную составляющую (прилож. 7, рис. 7.15).

Таблица 36 – Суточные дозы корма для товарного сома, % от массы рыб

Масса рыб, г	Суточная доза корма
50-60	4,2
60-100	4,0
100-150	3,7
150-200	3,3
200-250	3,0
280-400	2,4
400-600	2,0
600-800	1,6
800-1000	1,3

Во втором варианте средняя температура воды за весь период выращивания товарного сома была 27,1 °С (прилож. 7, рис. 7.16). Содержание растворенного кислорода в воде 2,1 – 3,9 мг/л. Концентрация нитритов изменялась от 0,6 до 4,1 мг/л, что по верхнему значению несколько превышало границу допустимых значений 2 – 3 мг/л [497]. Но видимых отклонений в поведенческих реакциях у рыб не вызывало.

Плотность посадки в период выращивания сома в трех размерных группах массой от 92,2 до 407,8 г устанавливали в первых двух группах 600 шт/м³, в третьей 800 шт/м³. В период выращивания сома массой от 128,5 до 1017,5 г (диапазон соответствует размерному составу групп рыб, отстающих в росте и с опережающим ростом) плотность посадки устанавливали в первой и второй группах 450 шт/м³, в третьей 600 шт/м³. В период выращивания сома от массы 395 до

1442,0 г в первой группе устанавливали плотность посадки 200 шт/м³, во второй и третьей 450 шт/м³. В период выращивания сома до конечной массы 922,2±187,2 г, 1385,5±128,5 г и 1989,5±187,3 г была установлена равная во всех группах плотность посадки 200 шт/м³. В первой группе величина рыбопродукции составила 398 кг/м³, во второй 277 кг/м³, в третьей 185 кг/м³. Для рыб, достигших средней массы близкой к 1000 г, величина рыбопродукции составила от 185 кг/м³ при плотности посадки 200 шт/м³ до 430 кг/м³, при плотности посадки 450 шт/м³.

Динамика роста товарного сома была разнонаправленная (прилож. 7, рис. 7.17). Более стабильная в группе рыб с опережающим ростом. Скорость массонакопления в течение трех месяцев увеличилась от 0,17-0,192 до 0,278, после чего последовало резкое ее снижение до 0,114 – 0,116, чему способствовало созревание половых продуктов у рыб при достижении массы более 1200 г. В группе среднеразмерных рыб после достижения первого пика скорости (0,168) последовало резкое ее снижение до 0,048, компенсированное в следующем месяце возрастанием до 0,224 – 0,32. Причина этого видится в более высокой (в 2 раза) плотности посадки, чем в первой группе и повышенной конкуренции рыб за пространство и пищу и последующем ее разрежении. Резкое снижение скорости массонакопления в последний месяц согласуется с достигнутой массой (1175,0 г), когда возрастает генеративный обмен. В группе отстающих в росте рыб большую часть периода была выражена динамика снижения скорости массонакопления с 0,118 до 0,04. Следует признать, что помимо нагрузки биомассы рыб на объем воды в бассейнах, существенную роль вызывает и количественный состав популяции, который был в 1,5 раза больше, чем в первой и второй группах. Однако в последние 2 месяца выращивания, после разрежения плотности посадки до 450 и 200 шт/м³, скорость массонакопления достигла высокого уровня значений (0,238 – 0,252).

Средняя за период выращивания скорость массонакопления в первой группе рыб составила 0,188, во второй 0,167 и третьей 0,148.

Выживаемость товарного сома в первые три месяца выращивания была на уровне относительно низких значений в группе рыб, отстающих в росте, что связано с каннибализмом (83,2 – 89,0 %). Однако в последующие месяцы, при превышении массы 120 – 150 г он резко уменьшился и выживаемость возросла до 95,6 – 99,5 % (прилож. 7, рис. 7.18). В группах с опережающим ростом и средней скоростью роста выживаемость на всем протяжении периода превышала 90 % и приблизилась к 100 % (98,0 – 100 %).

В кормлении клариевого сома применялся корм рецептуры РКС-П, калорийностью 3150 ккал/кг, в составе которого были рыбная мука, пшеница, соевый и подсолнечный шрот, подсолнечное масло, мука мясокостная и витаминный премикс, содержание белка 37 % и жира 10 %. Суточная доза корма, адаптированная к условиям выращивания представлена в таблице 37.

Таблица 37 – Суточные дозы корма для товарного сома % от массы рыб

Масса рыб, г	Суточная доза корма
50-60	4,5
60-100	4,3
100-150	4,0
150-200	3,6
200-250	3,3
250-400	2,8
400-600	2,4
600-800	2,0
800-1000	1,5
1000-1300	1,0
1300-2000	0,75

Эффективность кормления товарного сома при сравнении с данными по первому варианту было достаточно высокой. Большую часть периода превышала по величине кормового коэффициента 1,0, достигая наибольшей величины 1,5 (прилож. 7, рис. 7.19). Это может быть подтверждением того, что пищеварительная система клариевого сома адаптирована к эффективному усвоению кормов с большим содержанием компонентов растительного происхождения. Увеличение кормового коэффициента до 1,35 - 1,5 в группе рыб с опережающим ростом можно связать с усилением генеративного обмена.

Таким образом, при выращивании товарного сома массой около 1000 г при увеличении градиента средней температуры воды на 1,3 °С в диапазоне 25,8 – 27,1 °С, можно ожидать сокращения продолжительности периода выращивания для рыб с опережающим ростом с четырех до трех месяцев, для рыб со средней скоростью массонакопления с пяти до четырех месяцев, для рыб, отстающих в росте, с шести до пяти месяцев. Продолжительность выращивания до товарной массы около 2000 г при начальной массе 1000 г составляет 2 месяца.

Эффект ускорения роста на этапе выращивания товарного сома массой около 1000 г составлял по группе крупных рыб 11,7 %, по группе среднеразмерных рыб 11,6 %, по группе отстающих в росте 10,8 %. Можно отметить снижение стимулирующего рост значения температуры в указанном градиенте по сравнению с достигнутым при выращивании посадочного материала.

Целесообразная плотность посадки в первые два месяца выращивания товарного сома 600 шт/м³ для групп с опережающим и средним уровнем раскрытия ростовой потенции, 800 шт/м³ для отстающих в росте рыб. Допустимая 1500 и 3000 шт/м³, соответственно. В последующие месяцы целесообразная плотность посадки в период достижения товарной массы около 1000 г – 400 – 500 шт/м³, допустимая в период достижения массы 500 – 700 г – 750 шт/м³. Для достижения товарной массы около 2000 г – 200 шт/м³.

Клариевый сом на этапе выращивания эффективно усваивает как корма с содержанием белка до 47 %, преимущественно животного происхождения, так и корма с содержанием белка 37 – 40 %, в которых велика доля компонентов растительного происхождения.

Полученные в исследованиях и апробированные на практике результаты положены в основу «Рыбоводно-биологических особенностей разведения и выращивания клариевого сома в УЗВ» (прилож. 7, табл. 7.4).

8.1.3 Канальный сом (*Ictaluridae punctatus Raf.*)

Несмотря на то, что канальный сом, также как и другой акклиматизированный в нашей стране представитель американской ихтиофауны веслонос, является теплолюбивым объектом, он способен переносить значительные колебания температуры воды от близких к 0°С зимой до 32-36 °С летом [51, 105, 139].

В то же время у него есть особенность, приближающая к рыбам тропических широт, освоенных в отечественной аквакультуре: тилапии и клариевый сом [55, 129, 130, 205, 309]. Эта особенность проявляется в равных значениях температуры нереста и нагула (25-30 °С). При такой температуре воды ростовая потенция раскрывается на максимальном уровне. Резко снижается скорость роста канального сома при температуре ниже 20 °С [138, 461, 501, 510, 528, 531].

Интенсивный рост и активность в питании у канального сома отмечают при содержании растворенного в воде кислорода не менее 5 мг/л. Но наиболее интенсивный рост при насыщении воды кислородом до 100 % [51, 138, 509, 511, 562]. В природных водоемах и рыбоводных хозяйствах с естественной термикой воды половозрелость у канального сома наступает в возрасте 1,5-8 лет [51, 68, 139, 551, 554]. Наибольшая агрессивность, учитываемая в практике разведения и выращивания, свойственна сому в нерестовый период, когда самцы устраивают драки между собой, а также нападки на самок, не готовых к нересту. Повышенная агрессивность проявляется у канального сома при разряженной посадке [105, 138, 526, 543, 555, 562]. Поэтому, чтобы снизить агрессивность у канального сома рекомендуется увеличить в 2-3 и более раз плотность посадки [557]. Размер икринок у канального сома ближе к икре таких представителей осетровых, как сибирский и русский осетры. Диаметр икринок, чаще отмечают в диапазоне значений от 3,4 до 4 мм [105, 409]. Соответственно этому размеру икринок соответствует величина относительной рабочей плодовитости самок канального сома: от 8-9 до 15-17 тыс.шт/кг массы. Соответственно, меньшая величина показателя характерна не только для впервые созревающих, но также для тех самок, у которых икра крупнее. Большая величина не только для старшевозрастных самок, чаще для тех, у которых икра мелкая [105, 138, 409, 554]. Признавая оптимальной для инкубации икры канального сома температуру воды 25-27 °С,

допустимый диапазон температуры 18-32 °С, но при низких (18-21 °С) и высоких (29-32 °С) значениях выход и качество предличинок с инкубации очень низкие [105, 555].

В СССР в виду расширяющихся масштабов выращивания канального сома, прежде всего, в тепловодных хозяйствах при ТЭЦ и АЭС, была разработана биотехника его разведения и выращивания [51, 67, 68, 144]. С учетом температурного режима в течение календарного года, когда минимальная температура воды зимой 6-14 °С, максимальная летом 28-32 °С (лишь в водоемах-охладителях Курской и Южноукраинской АЭС зимой температура воды 14-20 °С, летом до 36 °С) средняя масса сеголетков нормируется 10-15 г, двухлетков 400-450 г. Величина товарной рыбопродукции при плотности посадки годовиков 250-300 шт/м² может достигать 75-100 кг/м² [167].

Критическим этапом выращивания канального сома в прудовых, бассейновых, садковых хозяйствах является личиночный, когда они часто поражаются паразитическими простейшими (ихтиофтириоза, апиозома, хилодонелла и др.) и потери поголовья могут быть максимальными [460, 461]. Поэтому, учитывая обсужденное очевидной являлась перспектива введения канального сома в состав объектов разведения и выращивания в УЗВ.

В первую очередь, предстояло установить возможность формирования в УЗВ маточного стада, оценить качество продуцируемых половых продуктов и потомства, разработать технологические режимы эксплуатации производителей. Спецификой УЗВ является управляемый температурный режим, позволяющий в наибольшей степени реализоваться биологической потенции рыб. Это проявляется не только в ускорении роста и сокращения сроков выращивания рыб. Но и в более раннем, в среднем в 1,5-2 раза, созревании производителей по сравнению с условиями открытых рыбоводных систем [51, 64, 461]. Немаловажной представляется возможность переноса сроков созревания производителей на определенные, согласующиеся с устанавливаемыми технологическими схемами [64, 288, 443].

Перспектива достижения этой цели представлялась объективной для канального сома, поскольку были известны результаты исследований, проведенных в США, в которых путем воздействия внешних факторов, с последующим гормональным стимулированием удалось добиться задержки нереста у производителей. Была показана возможность задержки нереста на пять месяцев, когда поддерживали температуру воды 17,2 °С [507, 508]. Однако данные о сдвиге сроков нереста на более ранние сроки как в отечественных, так и зарубежных источниках отсутствовали. Практически отсутствовали данные об особенностях оогенеза и сперматогенеза у канального сома в условиях УЗВ.

Изучение закономерностей полового цикла и оценка состояния гонад у самцов канального сома должно учитывать некоторые особенности. Семенники самцов канального сома отличаются от семенников других видов рыб разделением гонады на переднюю и заднюю

части [526, 555]. В передней части продуцируются сперматозоиды, в задней жидкость, обеспечивающая передвижение сперматозоидов и другие функции [559]. У канального сома зрелая сперма присутствует в сперматогенной части весь год, но количество ее значительно увеличивается в весенний период [559]. В семенных ампулах одновременно с выбрасыванием сперматозоидов развиваются новые генерации половых клеток, что объясняет непрерывный сперматогенез в течение календарного года. А это открывает возможность использования самцов канального сома в процессе разведения круглый год [71].

Решив задачи в части создания технологии формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада сома в УЗВ, реальным становится дополнение ее следующими этапами заверщенного технологического процесса: выращивание посадочного материала и товарной рыбы.

8.1.3.1 Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада

Предваряя последовательное описание этапов формирования ремонтно-маточного стада канального сома в УЗВ, целесообразной становится оценка у рыб ростовой потенции в пределах периода количественных и качественных изменений, связанных с развитием половых органов.

В связи с этим, следует учитывать, что у самцов и самок канального сома, выращиваемого при сезонной смене температурного режима, анатомическая дифференцировка пола у самок происходит в возрасте 24 сут, у самцов 36 сут [71]. Но в этот период, сколь-нибудь значимого отвлечения энергии общего обмена на генеративную составляющую нет. Поэтому темп роста молоди в этот период должен быть высоким.

Цитологическая дифференцировка пола происходит позже и тогда в яичниках появляются ооциты протоплазматического роста. Так у стерляди цитологическая дифференцировка происходит в возрасте 8-16 мес [289, 290], у русского осетра в возрасте 12 мес [14], у севрюги в возрасте 1,5-2 года при массе тела 200-400 г, у веслоноса первые признаки цитологической дифференцировки появляются на втором году жизни при массе тела 1000-1200 г [132]. У канального сома цитологическая дифференцировка у самок происходит в возрасте 60 сут при средней массе тела около 2 г. У самцов цитологическая дифференцировка пола возможна только в железе, анатомически полностью сформированной. В связи с этим проявление волны сперматогенеза начинается лишь в двухлетнем возрасте [71]. Такой характер развития половых желез свойственен многим рыбам, содержащимся в условиях проявления сезонных факторов [123, 169, 203, 289, 290].

В условиях управляемого температурного режима отмеченные процессы дифференцировки пола, со всей очевидностью, претерпевают изменения во времени. Так, у самок канального сома в УЗВ цитоморфологическая дифференцировка пола отмечена в

возрасте 35 сут. В этот период гонады находились на первой – начале второй стадии зрелости [409].

В возрасте 55 сут для яичников свойственна вторая стадия зрелости. Развитие ооцитов соответствует начальной фазе протоплазматического роста периода превителлогенеза. У самцов в это время в развитии семенников видимых преобразований половых клеток не наблюдалось. Шло только увеличение стромы гонад. Процесс цитологической дифференцировки пола у самцов отмечался с началом волны сперматогенеза в возрасте восьми месяцев [409]. Установление особенности в гамето- и гонадогенезе у самок и самцов сома, выращиваемых в УЗВ оказались сходными с созреванием канального сома в прудах [64, 66, 84].

Наши исследования позволили установить временные параметры стадий зрелости яичников: первая стадия около 20 сут; вторая стадия 8-10 мес; вторая-третья стадия 5 мес; третья-четвертая стадии 3-5 мес; четвертая стадия 2-4 мес.

У самцов третья стадия зрелости семенников отмечалась уже при массе тела 180-200 г. Переход на четвертую стадию зрелости отмечали при массе тела рыб около 300 г. При массе тела самцов 500-700 г у них отмечали в местах надреза семенников выделение семенной жидкости, содержащей зрелые сперматозоиды [409]. Следует отметить, что процесс созревания самцов шел синхронно у всех особей, не зависимо от массы тела. Волны сперматогенеза на протяжении всего периода содержания проходили непрерывно. В семенниках постоянно находились половые клетки на разных стадиях развития. В УЗВ самцы канального сома, начиная с десятимесячного возраста, физиологически были готовы к использованию их в процессе воспроизводства.

На основании отмеченных особенностей был сделан вывод о наступлении половозрелости самок в возрасте 25-26 мес, самцов в десятимесячном [84, 409]. Интенсивность вителлогенеза зависела от температуры воды. При содержании самок при оптимальной температуре вителлогенез завершался в течение 3-4 мес.

Основываясь на установленной продолжительности стадий зрелости яичников и возрасте созревания самцов, можно объяснить закономерности в реализации ростовой потенции у канального сома в УЗВ.

Так наибольшая скорость массонакопления отмечена при выращивании ремонтного поголовья в возрасте от 6 до 12 мес (прилож. 7, рис. 7.20). Величина K_m была от 0,049 до 0,092. После разделения рыб по полу, перехода на вторую-третью стадии зрелости яичников и наступления половозрелости самцов скорость массонакопления у рыб заметно снизилась, в большей степени у самцов. Но динамика в изменении K_m у самцов и самок была сходная. Минимальные значения K_m у первых 0,011, вторых 0,007. Максимальные, соответственно,

0,019 и 0,043. В возрасте 19-21 мес самцы положительно откликнулись на гипофизарные инъекции. Самки оказались не зрелые.

В последующий период до наступления возраста 25-26 мес большая скорость роста была у самцов. Волнообразный характер сперматогенеза, со всей очевидностью, проявился в пиках ускорения и снижения скорости массонакопления (K_m) самцов: 2 максимума по 0,035 и два минимума 0,012 и 0,008 (прилож. 7, рис. 7.20). У самок в этот период скорость роста была более стабильной (0,007-0,018). Следствием таких проявлений в росте самцов и самок, отражающих изменение в структуре обмена веществ, явилось синхронное созревание рыб в возрасте 25-26 мес.

В последующий период до второго синхронного созревания отмечено описанное ранее изменение в скорости массонакопления самцов и самок. Большая скорость массонакопления отмечена у самок ($K_m=0,068$). У самцов K_m не превышал 0,05. Второе синхронное созревание производителей произошло в возрасте 31-33 мес. Характер изменения скорости роста самцов и самок между вторым и третьим синхронным созреванием в возрасте 38-40 мес, был сходным с предыдущим периодом. Если оценивать уровень раскрытия ростовой потенции у рыб в ремонтно-маточном стаде, то значение общепродукционного коэффициента массонакопления (K_m) в среднем за трехлетний период было на уровне, соответствующем относительно низкой степени разрешения [366]. Однако учитывая то, что в этот период произошли три последовательных синхронных созреваний, когда значительная доля обменной энергии отвлекалась на генеративную составляющую, то можно отметить, что на этапе выращивания ремонта и в периоды межнерестового нагула, скорость массонакопления была на уровне средней (0,042-0,056) и даже высокой (0,064-0,092) степени разрешения, что согласуется с особенностями раскрытия ростовой потенции у ювенильных и половозрелых рыб [172]. Учитывая то, что сумма градусо-дней в межнерестовой период для канального сома составляет 4000-4500, а общий годовой баланс температуры воды в УЗВ может быть 8000-9000 градусо-дней, то в течение календарного года у канального сома можно получать потомство 2 раза [64, 84, 409].

Формирование ремонтно-маточного стада канального сома целесообразно начинать, отбирая рыб массой 50-150 г. Выбраковке подлежат рыбы, отклоняющиеся по массе более, чем на 30-50% от среднегрупповой. Норма отбора составляет 70 %.

На первом этапе выращивание ремонтного поголовья проводят при температуре воды 25-27 °С при плотности посадки 150-200 шт/м³, уровне воды до 1 м, водообмене 1 раз/ч. Выживаемость ремонтного поголовья 95 %. Продолжительность этапа 90-120 сут. По окончании его рыб целесообразно рассортировать на 2 группы и рассадить при плотности посадки 50 шт/м³.

На втором этапе продолжительность 60 сут, в течение первых 52-55 сут поддерживают температуру воды 25-27 °С, после чего снижают до 18 °С. Уровень воды в бассейнах и водообмен те же, что на предыдущем этапе. Рыбы к концу этапа достигают массы тела не менее 800 г. Среди них проводят отбор, оставляя на дальнейшее выращивание 95 % рыб.

На третьем этапе проводится «искусственная зимовка» при температуре воды 18 °С. Повышение температуры воды до близкой к нерестовой проводят с градиентом 1 °С в сутки. Продолжительность этапа 45 сут. В начале этапа плотность посадки ремонтного поголовья 25 шт/м³, в конце него рыб рассаживают при плотности посадки 10-15 шт/м³. Выживаемость рыб, как и на предыдущем этапе 99 %.

Уровень воды и водообмен, как и на предыдущем этапе. В конце этапа проводят отбор, оставляя на последующее содержание 95 % рыб. На четвертый этап продолжительность 45-90 сут рыб рассаживают отдельно по полу при плотности посадки 10-15 шт/м³. Этот этап соответствует преднерестовому содержанию при температуре 25-27 °С старшевозрастной группы ремонта, состоящий из самцов массой более 1100 г, самок 1000 г. В возрасте 18-20 мес впервые созревают до 80 % самцов и 20 % самок. Созревание остальных наступает в возрасте 25-26 мес. Повторное созревание первых наступает в возрасте 25-29 мес, у вторых 31-35 мес. Дальнейшее созревание производителей следует проводить по разработанной нами схеме [254]. На всех этапах содержания ремонтно-маточного стада применяют статичный режим освещенности (12 ч свет, 12 ч темнота). Освещенность около 50 люкс.

Коэффициент зрелости у производителей, эффективно реагирующих на гипофизарные инъекции, составляет у самок 9,5-10,1 %, у самцов 0,6-0,9 %.

Кормление ремонтного поголовья до достижения массы тела 1300 г проводят кормом (базовая рецептура РГМ-5В) в составе которого до 45 % белка, до 8 % жира [73, 74]. Кратность кормления ремонтного поголовья массой 50-500 г три раза в сутки. Далее 2 раза в сутки. Размер гранул относительно массы рыб: 50-100 г – 4,5 мм; 100-400 г – 6,0 мм; более 400 г – 8,0 мм.

Суточная доза кормления и ожидаемая величина кормового коэффициента представлены в таблице 38.

Таблица 38 – Суточные дозы кормления ремонтно-маточного стада канального сома

Вид корма	Масса рыб, г	Суточная доза корма, % от массы рыб	Кормовой коэффициент
РГМ-5В	50-100	7	1,5
	100-300	6	1,6
	300-500	5	1,9
	500-700	4-5	1,9-2,0
	700-900	4	2,1
	1001-1300	3	3
РГМ-5В + селезенка (рыба)	1400 и более	2-2,5	4-6

Зрелые половые продукты у производителей канального сома в УЗВ получают в результате инъекирования карповым гипофизом (лещевый, сазаний, карповый) или хорионическим гонадотропином человека по схемам, апробированным в открытых рыбоводных системах [51, 409]. Схема применения карповых гипофизов при гормональной стимуляции самок предполагает две последовательные инъекции: предварительную 3 мг/кг, разрешающую 10 мг/кг. Интервал между инъекциями 24 ч. После разрешающей инъекцией самок проверяют на «текучесть» через 4 ч. Если через 12 ч овуляция икры не наступает, делают дополнительные (не более двух) инъекции из расчета 10 мг/кг.

Самцам делают предварительную (3 мг/кг) и одну-две разрешающие (10 мг/кг) инъекции.

При установлении факта «текучести» у самки приступают к отбору спермы у самца. Показан хирургический метод изъятия семенников, крошения их скальпелем, процеживания массы, собирания в сухой склянке (стеклянный стакан, чашка Петри) семенной жидкости [409].

Следом приступают к сцеживанию икры у самки, предварительно обездвиженной в растворе хинальдина. Икру сцеживают в сухую эмалированную посуду емкостью 3-5 л. После сцеживания икры к ней приливают семенную жидкость. После перемешивания рукой или птичьим пером икры и спермы в течение 30 с к содержимому эмалированной посуды добавляют воду, температура которой соответствует той, при которой содержали самок. После перемешивания в течение 30 с, содержимое в покрытой марлей эмалированной посуде оставляют в покое в затемненном месте на 3-4 мин. Далее в течение 1-2 мин проводят отмывку икры от не использованной спермы.

Далее проводят обесклеивание икры в растворе молока (1:3) в течение 40 мин. Обесклеенную и отмывую в чистой воде в течение 5 мин икру помещают на инкубацию в аппараты Вейса или Шустера. Норма загрузки икры в аппараты Вейса 10 тыс. икринок, в аппараты Шустера 5-10 тыс. шт. Расход воды в аппаратах Вейса 0,5 л/мин в первые сутки и 10 л/мин в дальнейшем. В аппаратах Шустера, соответственно, 5 и 10 л/мин.

Процент оплодотворения икры не менее 50 %. Выход предличинок с инкубации не менее 50 %. Средняя масса предличинок 10-20 мг. Продолжительность инкубации икры при температуре воды 24-27 °С 5-6 сут, продолжительность выдерживания предличинок 5-7 сут.

8.1.3.2 Выращивание посадочного материала

Вылупившихся предличинок переводят в прямоугольные или квадратные бассейны. Оптимальная площадь 1-2,25 м, уровень воды 0,2-0,3 м, водообмен 1 раз/ч.

С момента посадки предличинок на выдерживание в воду вносят суспензию искусственного стартового корма для привыкания к запаховому фону корма.

Подращивание личинок до массы 200 мг. В первые 5 суток личинок канального сома целесообразно кормить науплиями артемии с суточной дозой 200 % от массы. Суспензия стартового корма вносится ежедневно. Искусственный стартовый корм (РГМ-6М или его аналоги) начинают вносить с 4-6 сут, постепенно увеличивая суточную дозу от начальной 5 % с градиентом 2,5 % сут, доведя до 15 % к 10-13 суткам. Кратность кормления 1-2 раза/ч. Продолжительность этапа 10-13 сут. Температура воды 26-28 °С. Содержание растворенного в воде кислорода более 7 мг/л. Плотность посадки личинок 40 тыс. шт/м³. Выживаемость личинок 90 %. Размер крупки стартового корма 0,2-0,4 мм.

Выращивание мальков массой 1 г. На этом этапе целесообразно сохранять температуру воды 26-28 °С, содержание растворенного в воде кислорода более 7 мг/л, водообмен 1 раз/ч.

Оптимальная плотность посадки, учитывающая интенсивность роста, эффективность усвоения питательных веществ корма, около 20 тыс.шт/м³. Выживаемость мальков высокая и не снижается ниже 90 %. В качестве корма целесообразно применять стартовый корм с содержанием белка не менее 45 %, жира 11 % (РГМ-6М и его аналоги). Суточная доза корма на этом этапе постепенно снижается с 10 до 7 %. Размер крупки постепенно увеличивается с 0,3 до 1,0 мм. Целесообразный интервал в кормлении 1-2 раза/ч. В конце этапа проводится сортировка молоди с помощью сортировальных ящиков на три и более размерных групп. Продолжительность этапа до 30 сут.

Выращивание мальков до массы 3 г. При сохранении температуры воды 26-28 °С, содержания растворенного в воде кислорода выше 7 мг/л, водообмена 1 раз/ч, продолжительность этапа составит 20-25 сут. Для выращивания могут применяться прямоугольные или квадратные бассейны площадью до 4 м² с уровнем воды 0,4-0,5 м. Плотность посадки сохраняется как на предыдущем этапе 20 тыс. шт/м³. Выживаемость мальков 90 %. Суточный рацион стартового корма 7 % от массы рыб. Размер крупки постепенно увеличивается от 1,0 до 2,0 мм, кратность кормления 1-2 раза/ч. В конце этапа проводят сортировку молоди на 3 и более размерные группы.

Выращивание мальков до массы 5-6 г. При сохранении температуры воды 26-28 °С, содержания растворенного в воде кислорода более 7 мг/л, водообмена 1 раз/ч, продолжительность этапа составит около 20 сут.

Уровень воды в бассейнах 0,5-0,6 м. Плотность посадки мальков 10 тыс. шт/м³. Выживаемость 90 %. Суточная доза стартового корма 7 % от массы рыб. Размер крупки или гранул 2-2,5 мм. Кратность кормления 1 раз/ч. В конце этапа проводится сортировка на 3 и более размерных групп.

Выращивание мальков до 10-12 г. При сохранении температуры воды 26-28 °С, содержания растворенного в воде кислорода более 7 мг/л, водообмена 1 раз/ч, продолжительность этапа составит около 20 сут.

Уровень воды в бассейнах 0,6-0,8 м. Плотность посадки 5 тыс. шт/м³. Выживаемость 90 %. Суточная доза продукционного корма РГМ-5В или его аналогов 7 % от массы рыб. Кратность кормления 1 раз/ч. Размер гранул 2,0-3,2 мм. В конце этапа проводится сортировка на 3 и более размерные группы.

Выращивание посадочного материала массой 30 г. При сохранении температуры воды 26-28 °С, содержания растворенного в воде кислорода более 7 мг/л, водообмена 1 раз/ч, продолжительность этапа составит около 25 сут. Уровень воды в бассейнах 0,6-1 м. Выживаемость молоди 90 %. Площадь бассейнов может быть увеличена до 8-20 м² и в них может быть продолжено товарное выращивание. Суточная доза продукционного корма (РГМ-5В или его аналоги) 6 % от массы рыб. Размер гранул 3,2-4,5 мм. Кратность кормления 6-8 раз в светлое время суток. В конце этапа проводится сортировка.

8.1.3.3 Выращивание товарной рыбы

При выращивании канального сома до товарной массы (450-500 г) следует учитывать насколько экологические условия соответствуют раскрытию ростовой потенции. Если обратиться к известной формуле [172, 173, 375], то показатель, определяющий скорость массонакопления, является произведением генетического и экологического коэффициентов роста:

$$K_m = K_g \times K_e$$

Оба члена произведения в максимальном разрешении стремятся к 1. Для канального сома величина K_g , установленная в результате анализа статистических данных составляет 0,15 [375]. Величина K_e определяется влиянием множества частных экологических факторов и чаще не превышает 0,5-0,7 даже при соблюдении установленных нормативных биотехнических показателей [366]. Например, в случае $K_e=0,5$ величина общепродукционного коэффициента массонакопления составит:

$$K_m = 0,15 \times 0,5 = 0,075$$

Если обратиться к ранее приведенным примерам, то в одном из них за шесть месяцев выращивания канальный сом при начальной плотности посадки 200 шт/м³ достиг товарной массы 450 г, а величина рыбопродукции составила 82 кг/м³. Величина K_m составила 0,076. В другом примере при начальной массе 172 г за 194 сут была достигнута товарная масса 425 г. При начальной плотности посадки 500 шт/м³ величина рыбопродукции составила 215 кг/м³, а K_m составил 0,03. В данном варианте очевидно тормозящее влияние высокой плотности на рост канального сома.

В наших исследованиях начальная плотность посадки была установлена 150 шт/м³, близкая к той, что применяется при выращивании товарной форели. Температура воды, в целом, соответствовала установленной при выращивании посадочного материала и была в диапазоне значений 25-28 °С. Содержание растворенного в воде кислорода было 7-9 мг/л.

В качестве корма использовали рецептуру РГМ-5В. Суточная доза составила 5-6 % от массы рыб. Кормление проводили 2 раза/сут.

Оценка скорости роста канального сома показала, что в целом она соответствовала высокому уровню раскрытия ростовой потенции. Средняя за 180 сут величина Км составила 0,079 (прилож. 7, рис. 7.21). Снижение ее до 0,022 во второй месяц выращивания можно связать со снижением температуры воды до 25 °С. Однако, в дальнейшем ростовая потенция раскрывалась на высоком уровне, в четвертый месяц выращивания Км достигла 0,126. А это означает, если обратиться к ранее приведенной формуле, что реализация экологических условий, определяемая величиной Кэ, составила 0,84. Ранее было отмечено, что высокий уровень раскрытия ростовой потенции у рыб, выращиваемых в УЗВ отмечают при Кэ=0,7-0,9. В нашем случае он был достигнут не только по максимальной, но и по средней за период величине.

Полученные в ходе исследований и апробированные на практике результаты положены в основу «Рыбоводно-биологических нормативов разведения и выращивания канального сома в УЗВ» (прилож. 7, табл. 7.5).

8.1.4 Судак (*Sander lucioperca L.*)

Интерес к судаку как объекту искусственного воспроизводства и товарного выращивания подкрепляется статистическими данными о состоянии естественных популяциях [88, 376]. Так за последние 20-25 лет вылов судака в пределах естественного ареала, а также в местах акклиматизации, снизился не менее, чем на 30 % [88, 415]. К середине второго десятилетия XXI века в нашей стране вылавливалось в среднем 6256 т/год судака, что превышает 30 % от общемирового улова [322, 522]. Доля Калининградской области в данном объеме относительно не велика: около 450 т [248]. Но ценность судака, прежде всего, обитающего в Куршском заливе, состоит в заложенном биологическом потенциале, реализованном в практических работах по его расселению в период с 50-х годов XX века по конец первого десятилетия XXI века по всей территории СССР и современной России [88, 145]. Наиболее значимые результаты были получены в Псковско-Чудском озере и озере Балхаш, в которых к 70-90-м годам прошлого столетия удалось сформировать многочисленные популяции судака. Годовые квоты на вылов судака в каждом водоеме достигали 5000 т [93, 322]. Однако, чрезмерный пресс промысла, ухудшение экологических условий, прекращение масштабных работ по зарыблению водоемов, сформировал дефицит продукции судака на потребительском рынке в последующие годы.

Высокий спрос на продукцию судака, относящуюся к разряду наиболее ценной диетической «белой» рыбы на европейском континенте согласуется с формированием образа «здорового питания» [324, 445]. Большую перспективу судак имеет как сырье для производства детского питания [234], биологически активных добавок [27, 124]. Еще большую ценность продукции дает низкое содержание жира в мясе судака. Как правило, в течение года у него в естественных условиях содержание жира колеблется от 1 до 4 %.

Исследования по направлению, связанному с разведением и выращиванием судака в УЗВ, проводили в ряде стран: в Германии, Нидерландах, Дании, Чехии, Польше, Румынии [513, 546, 564]. Судак оказался достаточно сложным в разведении и выращивании объектом. Поэтому обсуждение достигнутых результатов исследований было выведено на международный уровень в форме семинаров: “Percid fish Culture в Бельгии (2008), International Percid Fish Symposium в США и Финляндии [523, 549]. Евросоюз осуществлял проект “Luciopercsimprove”, реализация которого была ориентирована на оптимизацию работы с производителями и улучшение качества потомства [534].

Сложность в решении поставленных задач в рамках создания отечественной технологии разведения и выращивания судака состояла и в том, что исследования по данному направлению в России были единичны и охватывали только ограниченный этап выращивания судака на основе индустриальных методов: от оплодотворенной икры до личинок массой 25-30 мг [158, 368].

8.1.4.1 Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада судака

8.1.4.1.1 Оценка производителей судака Куршского залива

О продуктивных характеристиках судака Куршского залива можно судить по ряду учтенных в исследованиях показателей [91, 268, 449].

Несмотря на то, что в популяции судака данного водоема фиксируют особей в возрасте от 0+ до 17+ [88], та часть нерестового стада, которую облавливали в период нерестового хода в предустьевой зоне в месте впадения в залив р. Немонин была представлена особями в более узком возрастном диапазоне. Учитывая то, что среди самок большую часть составляли рыбы в возрасте 5-9 годовиков (86 %), самцов 3-4 годовиков (66 %), можно сделать вывод о представительстве в нерестовой части популяции средневозрастных производителей. Средний возраст самок в течение трех лет исследований изменялся от $6,6 \pm 0,26$ до $7,00 \pm 0,27$. Средний возраст самцов был ниже: от $4,00 \pm 0,15$ до $4,78 \pm 0,18$. Такая возрастная структура соответствует фиксируемой для многих рыб и согласуется, с одной стороны, с более ранним половым созреванием самцов, с другой, с большей продолжительностью жизни самок. Среднее по трем годам исследований соотношение самок и самцов было 1:1,7, что согласуется с известными данными, отражающими половой состав производителей в нерестовый период [540, 565]. Представитель-

ство в составе нерестовой части популяции судака средневозрастных производителей согласуется с положением о влиянии возраста на качество половых продуктов [290].

Наименьшая рабочая плодовитость у самок во все годы исследований была в младшей возрастной группе ($82,5 \pm 7,5$ – $90,0 \pm 3,6$, средняя $87,6 \pm 3,0$ тыс. шт). наибольшая в возрасте десятигодовиков ($473 \pm 23,0$ – $475,0 \pm 1,9$, средняя $474,3 \pm 6,2$ тыс. шт). В целом средняя по всем возрастным группам рабочая плодовитость самок судака достоверно не отличалась ($245,7 \pm 17,3$ – $276,3 \pm 19,5$, средняя $271,1 \pm 14,2$ тыс. шт), несмотря на наличие достоверных различий внутри каждой возрастной группы. Иная тенденция была в изменении величины относительной рабочей плодовитости. Стабильная тенденция, проявляемая в уменьшении величины данного показателя, отмечена в трех возрастных группах: средняя по трем годам исследований величина показателя у самок шестигодовалого возраста составила $132,9 \pm 9,1$, семигодовалого $84,2 \pm 4,7$ тыс.шт/кг, восьмигодовалого $61,4 \pm 2,7$ тыс.шт/кг.

С учетом того, что средний диаметр икринок во всех возрастных группах был близким (прилож. 7, табл. 7.6), можно сделать вывод об индивидуальном проявлении связи плодовитости с размером (массой) самок в возрастных группах. В тоже время стабильность в размере икринок у самок разного возраста может подтверждать ранее приведенное положение о влиянии условий межнерестового нагула рыб [290].

Как известно на качество спермы у самцов рыб влияют условия межнерестового нагула, возраст и размеры рыб, их упитанность и физиологическое состояние [16, 117, 137]. Общепринятым считается учитывать такие показатели, отражающие качество спермы, как объем эякулята и время подвижности сперматозоидов [17, 350]. Влияние возраста и размера самцов на величину объема эякулята можно оценить на основании данных таблицы 39.

Таблица 39 – Объем эякулята самцов судака Куршского залива, мл

Год	Возраст					Среднее
	3	4	5	6	7	
2005	$1,1 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$
2006	$1,3 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,9$	$3,3 \pm 0,6$	$2,6 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,1$
2007	$1,5 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,2$
Среднее	$1,2 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$
Количество рыб, шт	31	53	17	15	11	-

^{1, 2, 3}, – различия между группами достоверны при $p < 0,05$; 0,01; 0,001

Самый малый объем эякулята установлен у младшевозрастных самцов (средний по годам исследований $1,2 \pm 0,1$ мл). Далее по мере увеличения возраста и размера рыб объем эякулята возрастает с $2,0 \pm 0,1$ до $2,8 \pm 0,2$ мл и несколько снижается у самцов в возрасте семигодовиков ($2,5 \pm 0,1$).

Менее выраженной была динамика показателя «время подвижности сперматозоидов». Среднее значение в крайних возрастных группах самцов было близким ($1,145 \pm 0,03$ мин у трехгодовиков и $1,16 \pm 0,07$ у семигодовиков). Наибольшее у пятигодовалых – $1,26 \pm 0,05$ мин.

В среднем за все три года исследований значения показателя ($1,15 \pm 0,03$ – $1,21 \pm 0,03$, среднее $1,17 \pm 0,02$ мин) у самцов были близкими [91, 268, 449].

Поскольку нерест производителей проходил в садках, икра выметывалась на искусственные нерестилища, на икру и сперму воздействовал естественный фон абиотических факторов, то процент оплодотворения икры и выход предличинок с инкубации могут быть признаны достаточно высокими. Среднее значение первого показателя составило $71,4 \pm 1,1$ %, второго $80,0 \pm 2,0$ %).

Таким образом, анализируя качество производителей судака Куршского залива, потомство которого послужило первой генерацией судака, выращенного в УЗВ до возраста полового созревания, можно признать их высокие размерные характеристики, проявляющиеся в соответствующем количестве и качестве половых продуктов.

8.1.4.1.2 Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада судака в УЗВ

В рамках начавшегося процесса domestikации судака в условиях индустриальных рыбоводных хозяйств исходным материалом при формировании ремонтно-маточных стад могут служить либо осемененная икра диких производителей, перевезенная на 3-5 этапах эмбрионального развития и помещенная на доинкубацию в искусственные условия. Либо зрелые половые продукты, полученные от производителей, созревших в искусственных условиях.

Доинкубацию оплодотворенной икры судака, находящейся на искусственных нерестилищах при естественном фоне температуры воды $12-14$ °С, целесообразно проводить в инкубационной УЗВ при постепенном (1 °С в час) повышении температуры воды до $16-17$ °С и стабилизации на этом уровне.

В варианте созревания производителей судака в искусственных условиях в отсутствие привычного экологического фона необходим стимул, который в практике рыбоводства принято относить к нейрогуморальному фактору. Таковым стимулом является совокупное воздействие на половозрелых рыб температуры воды и гормональной инъекции [254, 463].

Учитывая целесообразность создания в УЗВ при содержании производителей многих видов рыб на определенном этапе «искусственной» зимовки, аналогичный подход был применен при формировании ремонтно-маточного стада судака [93]. В частности, это проявилось в переводе режима нагула ($14-20$ °С) на имитацию зимнего содержания. Но учитывая ранее полученный опыт формирования и эксплуатации маточных стад карпа, канального сома в УЗВ и проведения этапа «искусственной» зимовки, достаточный диапазон температуры воды, при которой развиваются качественные половые продукты, составил $11-13$ °С. Продолжительность

периода с такой температурой воды составила около 40 сут. Переход к нерестовой температуре (15-16 °С) целесообразно осуществлять с градиентом 1°С в сутки. Двухнедельное выдерживание производителей при такой температуре воды целесообразно проводить в бассейнах прямоугольной или квадратной формы при уровне воды 0,5-1 м, водообмене 1 раз/ч. Плотность посадки производителей 20 шт/м³. С момента перевода производителей в режим содержания при нерестовой температуре целесообразно разделить их по полу и разместить в разные бассейны, но в границах одной УЗВ. По окончании двухнедельного периода содержания производителей при температуре воды 15-16 °С (возможно повышение в конце до 18 °С), самцам и самкам целесообразно сделать гипофизарные инъекции. Очередность выбора производителей основана на внешнем проявлении у них вторичных половых признаков. У самок – сильной округлости брюшка и появления «спекшихся» икринок на выходе из генитальной поры. У самцов – изменения до черного фона окраски тела. Самцов и самок с такими признаками инъецируют в первую очередь по схеме, указанной в табл. 40.

Таблица 40 – Схема проведения инъецирования и дозировка гипофизарного препарата

Пол	Дозы, мг/кг				Общее количество препарата, мг/кг
	предварительная	первая разрешающая	вторая разрешающая	третья разрешающая	
Самки	1,0	3,5	4,0	4,5	13,0
Самцы	0,5	1,5	2,0	-	4,0

Интервал между инъекциями 12 ч. Реакция производителей на инъекции судачьего гипофиза может быть разной: у 30 % самцов спермация возможна после предварительной инъекции, у 35 % после первой разрешающей, у 35 % после второй разрешающей, у 40 % самок овулирование икры возможно после первой разрешающей, у 40 % после второй и у 20 % после третьей разрешающей инъекции.

При получении зрелых половых продуктов, учитывая стрессуемость и травмируемость производителей судака, целесообразно их усыплять в растворе гвоздичного масла (прописцина). Целесообразная концентрация препарата 0,05 мг/л. Время усыпления рыб, когда отмечают прекращение движения жаберных крышек, как правило, не превышает 2-5 мин. Возвращение подвижности у рыб после помещения в проточную воду составляет 1-5 мин.

После изъятия производителей из анестезирующего раствора чистой водой обмывают только область брюшка, анального и хвостового плавников. Сцеживание половых продуктов, после осторожного обтирания указанных областей сухой марлей, проводят у самцов через катетер в пробирку, индивидуальную для каждого. Икру от самок сцеживают в эмалированные тазы. Также индивидуально. При осеменении икры используют сперму, взятую от 2-3 самцов.

Для осеменения 1 л икры достаточно 3-5 мл спермы, что согласуется со средним размером эякулята $1,02 \pm 0,05$ мл. Максимальной 1,8 мл, минимальный 0,5 мл. Эти данные соответствуют условиям содержания производителей в УЗВ и возрасту первого созревания 3 года. Одновозрастным самцам судака Куршского залива соответствует объем эякулята ($1,2 \pm 0,8$ мл), сопоставимый с приведенным ранее для условий УЗВ ($1,02 \pm 0,05$ мл).

Но, если охватить измерениями все возрастные группы самцов из залива, то средняя величина эякулята выше – $2,1 \pm 0,08$ мл (табл. 41). Очевидна связь возраста и размера самцов с объемом эякулята, что показано и для других видов рыб [17]. Возрасту самцов судака, выращенных в УЗВ, соответствовала концентрация сперматозоидов, которая составила $6,74 \pm 0,02$ млн/мкл. Эта величина укладывается в установленный диапазон значений для самцов разных видов рыб из различных условий обитания: 5-30 млн/мкл [17, 137, 516]. В то же время, в некоторых источниках, без указания возраста самцов судака, 16 млн/мкл [564].

Таблица 41 - Диаметр икринок самок судака в промышленных условиях и Куршском заливе

Показатель	Диаметр икринки, мм				
	средний	мин.	макс.	δ	CV, %
Производители					
Производители, выращенные в УЗВ	$1,10 \pm 0,03$	0,90	1,20	0,10	9,1
Производители нерестовой части популяции Куршского залива	$1,10 \pm 0,01$	0,90	1,30	0,14	12,9

Более низкое значение показателя у самцов судака в УЗВ можно связать с возрастом, размером рыб, особенностями физиологического состояния, временем измерения концентрации, которая имеет тенденцию к уменьшению в нерестовый период [149].

Однако более низкая концентрация сперматозоидов компенсировалась у самцов из УЗВ существенно большей подвижностью сперматозоидов (табл. 42). Она была почти в 3 раза больше ($3,11 \pm 0,07$ мин), чем у «дикого» судака из залива ($1,15 \pm 0,03$ мин). Возраст созревания у самок в УЗВ был одинаковым с самцами. В соответствии с имеющимися данными по судаку из естественных водоемов, самцы в большинстве случаев (85 %) созревают в возрасте 3 года, самки в 73 % случаев созревают в возрасте 4 года [88, 93, 94]. Сто процентов самцов созревают в возрасте четырехгодовиков, самок пятигодовиков.

В условиях УЗВ стопроцентное созревание самок и самцов происходит в возрасте трехгодовиков, что следует рассматривать в качестве особенности созревания производителей судака в условиях управляемого температурного режима УЗВ. Однако, продвижение доместикиции

судака на следующий уровень (вторая генерация), при включении в режим содержания двухлетков «искусственной» зимовки, показало стопроцентное созревание самок и самцов в возрасте двухгодовиков, при существенно меньшей средней массе. Средняя масса производителей судака в возрасте первого созревания в УЗВ (35-36 мес) составила $1124,1 \pm 6,3$ г, в возрасте 22-24 мес $409,0 \pm 3,5$ г [93]. В варианте созревания в УЗВ первой генерации производителей сумма градусо-дней составила 18088, в варианте созревания второй генерации 11423 градусо-дня.

Таблица 42 - Время подвижности сперматозоидов у самцов судака из УЗВ и нерестовой части популяции Куршского залива

Показатель	Время подвижности сперматозоидов, мин.				
	среднее	мин.	макс.	δ	CV, %
Производители					
Производители, выращенные в индустриальных условиях	$3,11 \pm 0,07$	2,0	3,5	0,41	13,2
Производители нерестовой части популяции Куршского залива	$1,15 \pm 0,03$	0,8	1,9	0,18	15,6

Из приведенных данных можно сделать заключение о вероятном влиянии фактора доместикации на более раннее созревания производителей судака в УЗВ. Учитывая малые размеры самцов и самок, созревающих в возрасте двухгодовиков, использование их в качестве производителей не целесообразно. Однако, при более продолжительной доместикации это свойство раннего созревания с учетом реализации более высокой ростовой потенции может быть учтено.

Средняя рабочая плодовитость трехгодовалых самок судака из УЗВ составила $92,1 \pm 5,5$ тыс. шт. При средней массе рыб $1178,0 \pm 45,5$ г относительная рабочая плодовитость составила $77,8 \pm 2,3$ тыс. шт/кг. Данные по рабочей плодовитости согласуются с установленной для впервые созревающих четырехгодовалых самок из Куршского залива ($92,1 \pm 5,5$ и $87,6 \pm 3,0$ тыс. шт, соответственно). Но уступали по величине относительной рабочей плодовитости ($77,8 \pm 2,3$ и $99,1 \pm 6,6$ тыс.шт/кг, соответственно). Объяснение этому видится в более интенсивном росте, больших размерах самок из УЗВ, что закономерно связано с условиями их содержания на всех этапах развития до наступления возраста созревания.

О высоком качестве икры у самок судака из УЗВ говорят данные о диаметре икринок, который одинаковый с самками из залива. Если учитывать положение, выдвинутое Г.М. Персовым (1972) о влиянии условий межнерестового нагула на размер икринок, то следует признать, что в УЗВ реально создавать условия, обеспечивающие формирование у производителей судака качественных половых продуктов. Подтверждением тому служат данные о проценте оплодо-

творения икры и выходе личинок судака в конце этапа выдерживания предличинок (табл. 43) [550, 561].

Таблица 43 – Процент оплодотворения икры и выход личинок судака, перешедших на активное питание

Процент оплодотворения, %					Выход личинок, перешедших на активное питание, %				
M±m	min	max	σ	CV	M±m	min	max	σ	CV
78,8±3,7	48,0	94,0	14,3	18,3	74,5±6,3	32,0	98,0	24,4	32,7

При заводском методе получения потомства судака после осеменения икры проводят обесклеивание ее в растворе танина (10 г на 10 л воды) в течение 25-30 с. После промывки икры в порциях свежей воды в течение 5 мин ее закладывают на инкубацию в аппараты Вейса.

Альтернативный метод основан на установлении в бассейн искусственных нерестилищ, в которых нерестовым субстратом являются мочала. В один бассейн площадью 1,5-2 м², с уровнем воды 0,5 м, водообменном раз в 2 часа высаживают прошедших инъецирование 1 самку и 3 самцов. Нерест проходит в течение 12 часов. После установления факта массового обсеменения субстрата икрой производителей из бассейна отлавливают. Обработку оплодотворенной икры в растворе малахитового зеленого или фиолетового «К» (концентрация 1:200000) проводят на вторые сутки. Время экспозиции 15 мин. После вылупления предличинок нерестовый субстрат из бассейна убирают.

Формирование ремонтно-маточного стада судака в процессе доместикации в условиях УЗВ предполагает проведение нескольких этапов.

Первый этап – выращивание молоди до массы 1 г.

При достижении такой массы у молоди рыб формируется достаточно развитый адаптационный механизм, позволяющий адекватно реагировать на условия обитания [116]. К тому же, на этом этапе устанавливается отношение личинок и мальков к искусственному корму и определяется оптимальная схема кормления. На этапе смешанного питания (со 2-3 суток после вылупления по 9-10) при температуре воды 20 °С и плотности посадки 25 тыс. шт/м³ наибольшую эффективность показало применение в качестве стартового корма смеси коловраток (0,008 млн/л) и хлореллы (4,5 г/л). Выживаемость личинок составила 99,2 % (прилож. 7, рис. 7.22). Несколько меньшей была выживаемость в варианте с коловратками (0,15 млн/л) и варианте с хлореллой (12,7 г/л). Она составила 98,1 и 98,7 %. Одновременно, с момента вылупления предличинок в бассейны ежедневно вносили суспензию искусственного стартового корма Aller Futura с целью приучения к запаховому фону и становления у личинок положительной хемосенсорной реакции на него. По истечении периода смешанного питания, когда средняя масса личинок до-

стигла $1,38 \pm 0,04 - 1,46 \pm 0,11$ мг целесообразным стало применение науплий артемии салина при сопровождении искусственного стартового корма.

На этапе выращивания личинок целесообразно повысить температуру воды до $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность посадки сохранить прежней (25 тыс. шт/м^3).

Сохранение в суточном рационе кормления науплий артемии в количестве 20-25 % от массы личинок в течение 12-15 сут позволяют без потерь в скорости роста и жизнестойкости перейти на искусственный стартовый корм (табл. 44). Внесение науплий артемии целесообразно проводить 4 раза в равноотстоящие сроки в период кормления с 8 до 20 ч. В промежутках между внесением науплий с интервалом в 1 ч вносят искусственный стартовый корм.

Таблица 44 – Суточные нормы кормления личинок и мальков судака стартовыми комбикормами, % от массы тела и рекомендуемый размер крупки

Масса рыбы, мг	До 50	50-100	100-200	200-500	500-1500
Доза корма, % от массы тела	25	15	9,0	8,1	6,5
Рекомендуемый размер крупки, мм	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,6-1,0	0,6-1,0

К 30-м суткам после вылупления личинки судака достигают средней массы близкой к 50 мг. Скорость массонакопления, определяемая величиной общепродукционного коэффициента в период кормления личинок искусственным стартовым кормом, относительно низкая ($0,026-0,033$). Очевидно, такой уровень раскрытия ростовой потенции свойственен не domesticiрованным объектам, что ранее было показано для личинок линя, рыбца, щуки [89, 177, 188, 433]. Это может быть связано с качественными изменениями в организме ранней молоди рыб, когда значительная часть энергии пищи расходуется на совершенствование жизненных систем организма.

У личинок месячного возраста усиливается каннибализм. Поэтому становится целесообразным проведение сортировки рыб. После сортировки молодь судака рассаживали при плотности посадки 5 тыс. шт/м^3 . Уровень воды в бассейнах $0,4-0,6\text{ м}$, водообмен 1 раз/ч.

В последующие 1,5 мес выращивания мальки росли более интенсивно. На отдельных этапах скорость роста достигает значений ($K_m=0,07$), соответствующих высокому уровню раскрытия ростовой потенции [366]. В целом же, за период скорость роста раскрывалась на среднем уровне ($0,04-0,06$). При подтверждении всех биотехнических приемов на рекомендуемом уровне за 1,5-2 мес выращивания с момента вылупления предличинок мальки судака достигали средней массы около 1 г. Выживаемость молоди за этот период превысила 40 %.

Второй этап – выращивание ремонтного поголовья.

С учетом предпочтения в выборе температурного режима в период нагула судака, когда по разным данным в наибольшей степени раскрывается ростовая потенция, было выделено ядро (20-22°), равноотстоящее от границ диапазона оптимальной температуры (18-24°С).

Реализации биологической потенции судака при таком фоне температуры воды соответствовало содержание растворенного в воде кислорода более 7 мг/л, рН от 6,5 до 7,5 с оптимумом в диапазоне 6,5-7,0, подтверждающем эффективную работу биофильтра. Концентрация самой токсичной формы азота – нитритов не более 0,2 мг/л. Целесообразный уровень освещенности около 50 люкс. Световой режим статичный (12 ч – световая фаза, 12 ч – темновая). При посадке молоди массой 1 г в бассейны целесообразная плотность посадки 300 шт/м³. Уровень воды 0,4-0,5 м, водообмен 1 раз/ч. Желательная форма бассейнов прямоугольная или квадратная. Площадь 2-4 м².

Ранее при оценке скорости роста мальков судака было отмечено, что она проявляется на среднем уровне, в отдельные периоды на высоком. Однако, на предшествующем личиночному этапе на уровне относительно низком. Это подтверждает сделанный вывод о постепенном совершенствовании жизненных систем организма рыб. Поэтому можно утверждать, что адаптация молоди судака к условиям УЗВ является сложным комплексным процессом, в большей степени проявляющемся на первом году выращивания. Тем более, что, в целом, выращивание рыбы в промышленных условиях всегда сопряжено с существенным изменением их физиологического состояния, что отражается на особенностях роста [368].

В первый год выращивания ремонтного поголовья судака в УЗВ при видимом, примерно равном градиенте увеличения массы тела (прилож. 7, рис. 7.23), динамика показателя роста – коэффициента массонакопления отличная (прилож. 7, рис. 7.24).

С учетом гарантированного срока достижения молодью судака массы 1 г – 1,5 месяца к концу первого года выращивания средняя масса ремонтного поголовья приблизилась к 80 г.

Анализ роста молоди подтвердил возможность его ускорения на этапе выращивания мальков до массы 4 г в месяцы, относящиеся к летнему сезону (июль – август). Величина коэффициента массонакопления достигла максимальной величины (0,087). В дальнейшем она снижалась последовательно до средних и низких значений (0,033 – 0,015).

В конце зимнего – начале весеннего периода вероятно самая низкая скорость роста (0,006). На основании данных о скорости роста молоди судака в УЗВ в первый год выращивания, можно признать вероятное определяющее влияние сезонного фактора на рост рыб, несмотря на стабильность температурного режима и содержания в воде кислорода, которые У. Хоар и соавторы (1983) относят к основным направляющим и лимитирующим рост рыб факторам.

При проведении сортировок, отбраковки и рассадки молоди плотность посадки ее в бассейны целесообразно снизить до 150 шт/м³. На втором году выращивания изменение массы те-

ла имело сходный характер, но при видимом меньшем градиенте увеличения. Увеличение скорости массонакопления до среднего уровня значений ($K_m=0,039-0,049$) отмечено также для летнего периода (июль – август). Второй, более выраженный пик, чем в первый год, в ускорении роста приходился на январь ($K_m=0,047$). Очевидно, влияние сезонного фактора на рост судака, не подкрепленное снижением температуры воды, таким образом проявляется в перераспределении обменной энергии в сторону пластической составляющей. Увеличение средней массы ремонтного поголовья судака во второй год выращивания кратно пяти. Уровень раскрытия ростовой потенции относительно низкий, что можно связать не только с фактором первого этапа доместикации, но и отвлечением определенной части обменной энергии в сторону генеративной составляющей. В процессе выращивания целесообразно плотность посадки постепенно снижать до 75 шт/м³.

На третьем году выращивания установлен наименьший градиент нарастания массы тела судака. Увеличение массы близко к 2,5 кратному. Скорость массонакопления относительно стабильная в течение продолжительного периода (июль – март), когда величина K_m была 0,022 – 0,028. На этапе преднерестового содержания при относительно низкой температуре воды (11–13 °С) величина K_m превышала (0,032) значения, зафиксированные в период нагула. Очевидно это связано со значительным увеличением массы гонад, прежде всего, у самок.

Если обратиться к базовой формуле общепродукционного коэффициента массонакопления [146, 172, 375], то можно выделить долю влияния экологических факторов на раскрытие ростовой потенции у рыб:

$$K_z = \frac{K_m}{K_r} \times 100\% \quad (16)$$

$$K_z = \frac{0,0275}{0,231} \times 100\% = 11,9\%$$

Величину K_m рассчитывали по формуле:

$$K_m = \frac{(\sqrt[3]{M_k} - \sqrt[3]{M_n}) \times 3}{T} = \frac{(\sqrt[3]{1124} - \sqrt[3]{1}) \times 3}{1035} = 0,0275$$

Расчетный период (1035 сут) принят с момента посадки в бассейны молоди массой 1 г в возрасте 1,5 мес до завершения созревания производителей.

Возможность максимального раскрытия ростовой потенции, соответствующая генетически заложенной величине ($K_r=0,231$), реальна, если экологический коэффициент роста (K_z) равен 1. В расчетном варианте $K_z=0,119$, что означает долю влияния частных экологических факторов суммарно 11,9 % от 100 % потенциально возможного. Несмотря на то, что уровень раскрытия ростовой потенции у судака в УЗВ на всех этапах выращивания средний или относительно низкий при сравнении с апробированными объектами выращивания в УЗВ, тем не менее, трехгодовики по достигнутой массе тела практически в 2 раза превосходят судака Курш-

ского залива (прилож. 7, рис. 7.25) [88]. Следует отметить высокую жизнеспособность ремонтного поголовья судака в УЗВ (прилож. 7, рис. 7.26). Так в первый год выращивания с момента достижения рыбами массы 1 г она составила 92,3 %. Во второй год 95,4 %. В третий год потерь поголовья не было. Эти данные могут говорить о нормальном физиологическом состоянии выращиваемого судака.

На третьем году выращивания начальную плотность посадки 75 шт/м³ к наступлению периода активного трофоплазматического роста половых клеток целесообразно снизить до 20 шт/м³.

Важнейшим элементом биотехники выращивания рыб в промышленных условиях является кормление. Доля затрат на эту позицию в структуре себестоимости может достигать в разных типах хозяйств 50-90 % [107, 268, 320].

Выбор рецептур искусственных кормов был основан на отсутствии в период разработки технологии разведения судака специализированных кормов для судака, во-первых. Доступности рецептур кормов для осетровых рыб, поставляемых датской фирмой “Aller Aqua”, во-вторых.

Рецептура стартового корма “Aller Futura” отличается определенной универсальностью, поскольку рекомендуется при выращивании личинок и мальков осетровых, лососевых и других видов рыб [500]. Данный стартовый корм полностью экструдированный, высокоэнергетический, в составе которого содержится от 62 (личинки) до 56 % (мальки) белка. Корм целесообразно применять при выращивании молоди до 15-20 г. Корм “Aller Bronze” (45/15) также полностью экструдированный производственный корм для выращивания осетровых рыб в промышленных условиях. Его рекомендуют также для форели и сома. Данный корм целесообразно применять при кормлении ремонта. Корм “Aller Sturgeon Rep” полностью экструдированный, полноценный корм для производителей осетровых рыб, обеспечивающий формирование качественных половых продуктов. Применение корма следует начинать с начала активного трофоплазматического роста половых клеток на третьем году выращивания. Выбор данных рецептур кормов согласуется с литературными данными, согласно которых судак потребляет гранулированные корма, в частности, форелевые [536, 566, 567]. Применение указанных рецептур, реализованное в ходе исследований, позволяет предложить суточные дозы корма для судака на всех этапах формирования ремонтно-маточного стада (прилож. 7, табл. 7.7).

Данные таблицы свидетельствуют о некоторой нестабильности судака в потреблении кормов указанных рецептур, что в некоторой степени нарушает стройную тенденцию снижения суточных доз корма, отмечаемую для большинства традиционных объектов аквакультуры с возрастом и по мере увеличения размера [254]. Рекомендуемый фракционный состав кормов учитывает наличие у судака более узкой глотки по сравнению, например, с форелью (табл. 45).

Таблица 45 – Рекомендуемый размер кормовых частиц (крупки и гранул) для форели и судака

Масса рыбы, г	Размер кормовых частиц, мм	
	форель	судак
2-5	1,5-2,5	1,3-1,5
5-15	2,0-3,0	2,0
15-20	2,5-3,2	3,0
51-200	3,5-4,5	4,5
201-1000	5,0-6,0	4,5
более 1000	7,0-9,0	6,0

Учитывая поведенческую активность судака при кормлении, когда большую часть корма он берет со дна, не создавая излишней конкуренции за пищу, целесообразным является ограничение в количестве задаваемых порций корма. В период выращивания молоди до массы 15-20 г целесообразно вносить в равноотстоящие сроки 3 порции корма. В дальнейшем целесообразно ограничиться утренним и вечерним кормлением.

Завершающий этап формирования ремонтного-маточного стада судака в УЗВ, связанный с созревaniem производителей и получением от них зрелых половых продуктов, оплодотворенной икры и предличинок, подробно охарактеризован в первой части подраздела 8.1.4.2 данной главы.

8.1.4.3 Выращивание посадочного материала судака

В литературных источниках представлены данные, которые позволяют обозначить период выращивания посадочного материала судака в УЗВ 4-5 месяцами. При этом конечная масса такой молоди, в среднем, приближается к 20 г [505, 539, 558, 566, 568]. Однако, обозначая такие биотехнические параметры, авторы не конкретизируют условия выращивания молоди судака.

В процессе разработки технологии выращивания посадочного материала судака в УЗВ нами был использован предыдущий опыт формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада [93]. В частности, относительно стабильный температурный и газовый режим (прилож. 7, рис. 7.27)

Поэтому массы, близкой к 1 г, мальки судака гарантировано достигали в возрасте 60-65 сут. Стабилизация температуры воды в последующий период в узком диапазоне значений (20-21°C) позволила вырастить посадочный материал средней массой около 20 г (прилож. 7, рис. 7.28).

Однако, решающее влияние на рост молоди судака в этих условиях и при обоснованном кормлении играла плотность посадки (табл. 46). На этапе выращивания личинок и мальков продолжительностью 75 сут большая масса ($3,9 \pm 0,14$ г) достигнута при плотности посадки 3,5

тыс.шт/м³. Близкий результат при 5 тыс.шт/м³ (3,3±0,25 г). Самый низкий результат (2,1±0,19 г) получен в варианте плотности посадки 10 тыс.шт/м³.

Таблица 46 – Результаты выращивания посадочного материала, масса тела, г (M±m, n=25)

Сутки	Группы					
	1 - ОНПП	2 - НПП	3 - СПП	4 - ВПП	5 - ОВПП	6 - КПП
0	0,0005					
30	0,050±0,003	0,050±0,003	0,050±0,002	0,033±0,001	0,028±0,001	0,050±0,003
45	0,40±0,04	0,35±0,05	0,33±0,03	0,25±0,03	0,20±0,02	0,32±0,03
60	0,90±0,04	0,82±0,03	0,78±0,04	0,69±0,03	0,62±0,04	0,76±0,02
75	3,90±0,14	3,30±0,25	2,90±0,10	2,60±0,21	2,10±0,19	2,80±0,17
90	9,80±0,20	8,20±0,31	7,50±0,24	7,00±0,33	5,20±0,40	7,30±0,26
105	22,50±0,35	17,50±0,34	16,20±0,39	15,30±0,47	12,00±0,43	16,00±0,30
120	27,40±1,02	22,50±0,65	21,50±0,57	19,80±0,49	15,50±0,92	20,80±0,62

При видимых различиях в достигаемой массе тела, скорость массонакопления, существенно по периодам в рассматриваемых вариантах (ОНПП – 3,5 тыс.шт/м³, НПП – 5,0 тыс.шт/м³, СПП – 7,0 тыс.шт/м³, ВПП – 8,0 тыс.шт/м³, ОВПП – 10,0 тыс.шт/м³, КПП – 6 тыс.шт/м³) не отличалась (табл. 47). В варианте очень низкой плотности посадки (ОНПП) максимальная величина Км составила 0,12, в варианте низкой (НПП) плотности посадки 0,11, в варианте средней (СПП) плотности посадки 0,102, высокой (ВПП) плотности посадки 0,1, очень высокой (ОВПП) плотности посадки 0,086, в контрольном (КПП) варианте 0,1. Это, учитывая то, что молодь многих видов рыб в искусственных условиях массы 1-2 г достигает в возрасте 50-75 сут, позволяет признать, что все апробированные плотности посадки целесообразно учитывать, как биотехнический показатель при построении схемы рыбоводного процесса при выращивании посадочного материала судака.

Таблица 47 – Значения общепродукционного коэффициента массонакопления

Сутки	Группы					
	1 - ОНПП	2 - НПП	3 - СПП	4 - ВПП	5 - ОВПП	К - СПП
0-30	0,037	0,037	0,037	0,032	0,031	0,037
30-45	0,074	0,066	0,062	0,050	0,052	0,062
45-60	0,046	0,048	0,048	0,050	0,052	0,046
60-75	0,120	0,110	0,102	0,100	0,086	0,100
75-90	0,114	0,105	0,106	0,106	0,090	0,106
90-105	0,132	0,113	0,116	0,118	0,114	0,118
105-120	0,044	0,050	0,048	0,042	0,040	0,042
120-135	0,026	0,032	0,036	0,034	0,026	0,036

На данном этапе целесообразный уровень воды в бассейнах 0,3-0,5 м, водообмен 1 раз/ч. Освещенность 50 люкс. По окончании этапа целесообразно проводить сортировку мальков с помощью сортировальных ящиков.

Апробация на втором этапе 6 вариантов плотности посадки (1,25 тыс.шт/м³, 1,35 тыс.шт/м³, 1,45 тыс.шт/м³, 1,65 тыс.шт/м³, 2,0 тыс.шт/м³, 1,55 тыс.шт/м³, соответственно) приведенной ранее градации и аббревиатуры показала предпочтительную по достигаемой в возрасте 4 мес массе плотность посадки 1,25 тыс.шт/м³ (27,4±1,02 г). В меньшей степени ростовая потенция разрешалась при плотности посадки 2,0 тыс.шт/м³ (15,5 г). Если ориентироваться на весовой стандарт посадочного материала судака в возрасте 4 мес массой 20 г, то целесообразным следует признать диапазон плотности посадки 1,25-1,65 тыс.шт/м³. Целесообразный уровень воды на этом этапе 0,4-0,6 м. Водообмен 1 раз/ч.

Приведенные данные по скорости роста и достигнутой массе молоди в возрасте 47, 75 и 120 сут позволяют говорить о вероятном проявлении эффекта доместикации на втором ее этапе.

Оптимизированной на этапах выращивания является биотехника кормления молоди судака. Первый период кормления охватывал промежуток времени с трех сут после вылупления предличинок до 18-20 сут, когда первые 5 сут личинкам давали 4 раза в день в равноотстоящие сроки культуру инфузорий и коловраток (10 тыс.шт/л). Суммарно 8-10 л в день на 5 тыс. личинок.

Одновременно, 4 раза в день в равноотстоящие сроки вносили в бассейны науплии артемии салины из расчета 25 % от массы личинок. С первых суток после вылупления предличинок в бассейны вносили суспензию стартового корма. С 6 суток после начала кормления суспензию заменяли на сухой стартовый корм (Aller Futura или Aller Artex, фракцию "000" – 0,025-0,050 мкм), который в небольшом количестве во время внесения живого корма рассыпали по поверхности воды.

Период кормления науплиями артемии в соответствии с особенностями формирования пищеварительной системы [259] с шестых по 18-20 сут проводили при суточной дозе 70 %. Переход на нормированное кормление сухим стартовым кормом на 16-17 сутки. Преимущество кормления личинок до достижения ими массы 50 мг имел корм Aller Artex, в состав которого входят декапсулированные яйца артемии и рыбий жир [500]. Как известно, науплии артемии являются полноценным по качественному составу жирных кислот кормом, что в совокупности с рыбьим жиром обеспечивает физиологические потребности личинок рыб [75, 158, 544].

При достижении личинками массы 50 мг целесообразно переходить на стартовый корм фракции "00" (0,1-0,15 мм). По достижении массы 200 мг на корм фракции "0". При достижении мальками массы 1 г целесообразно применять крупку стартового корма размером 0,6-1 мм. При достижении массы 3-5 г – 1,0-1,2 мм, массы 7-10 г – 1,5-2,0 мм.

Наши данные подтверждают достаточно высокую эффективность усвоения питательных веществ искусственного корма [319, 320, 338, 560]. В течение 4 мес периода выращивания величина кормового коэффициента в разных по величине плотности посадки группах молоди изменялась от 0,67 до 1,2 (табл. 48).

Таблица 48 – Значения кормового коэффициента при выращивании посадочного материала судака

Сутки	Группы					
	1 - ОНПП	2 - НПП	3 - СПП	4 - ВПП	5 - ОВПП	К - СПП
0-30	0,50	0,68	0,68	0,71	0,90	0,50
30-45	1,08	0,88	0,89	0,98	1,00	1,08
45-60	1,12	1,02	1,00	0,98	1,20	1,14
60-75	0,72	0,78	0,80	0,80	0,94	0,81
75-90	0,68	0,75	0,72	0,70	0,72	0,75
90-105	0,67	0,75	0,75	0,72	0,75	0,74
105-120	1,08	1,07	1,04	1,08	1,12	1,09
120-135	1,10	1,00	0,98	1,02	1,20	1,00

Минимальные значения, достигавшие 0,5-0,7 в первые 30 сут выращивания следует рассматривать с учетом присутствия в рационе питания живого корма. Большая эффективность кормления показана для групп молоди, выращиваемой при плотности посадки 1,25-1,65 тыс.шт/м³. Суточная доза сухого стартового корма при достижении личинками массы 20 мг устанавливалась 10 %, по достижении массы 200 мг снижалась до 7 %, по достижении массы 1 г снижалась до 5,5 %, массы 5 г до 5 %, массы 10 г до 4 %, массы 15 г до 3 %.

В период выращивания посадочного материала целесообразно поддерживать освещенность на поверхности бассейнов около 50 люкс, водообмен 1 раз/ч.

Жизнестойкость молоди судака на личиночных и мальковом этапах развития до достижения массы 1-2 г, с учетом проведенной сортировки, составляла в среднем 48-64 % (прилож. 7, рис. 7.29). Наибольшая при высокой (8 тыс.шт/м³) и очень высокой (10 тыс.шт/м³) плотности посадки. На примере канального сома показано, что снятие агрессивности и снижение каннибализма у молоди достигается при переуплотнении посадки в бассейне [409]. Вероятно, уменьшение пространства между личинками судака при уплотнении посадки, ограничивает формирование фазы «стартовое замирание перед атакой на жертву». Подтверждением тому могут рассматриваться данные о выживаемости молоди в группах с очень низкой и низкой плотностью посадки, которая была на 13-18 % ниже. У молоди массой более 1 г, имеющей достаточно развитый адаптационный механизм, выживаемость отличается большей стабильностью во все группах, связь с плотностью посадки не просматривается (прилож. 7, рис. 7.29). Выживаемость,

превышающая 80 %, подтверждает обоснованность методических подходов в применении биотехнических приемов и физиологическую полноценность посадочного материала.

8.1.4.4 Выращивание товарной рыбы

При выращивании товарного судака большую часть периода поддерживали температуру воды 20-22 °С. Этот диапазон согласуется с данными [524] о допустимой температуре воды при выращивании судака. Общая сумма градусо-дней за 19 мес выращивания до товарной массы составляла 11650 (рис. 66). Концентрация кислорода, как и при выращивании посадочного материала близка к 100 % насыщения. Средняя величина водородного показателя ближе к верхней границе диапазона допустимых значений ($7,58 \pm 0,2$), что позволяет предположить высокую органическую нагрузку во всех технических узлах УЗВ. Это подтверждает средняя концентрация нитритов ($0,28 \pm 0,2$), значения которой лежат на границе допустимых [315].

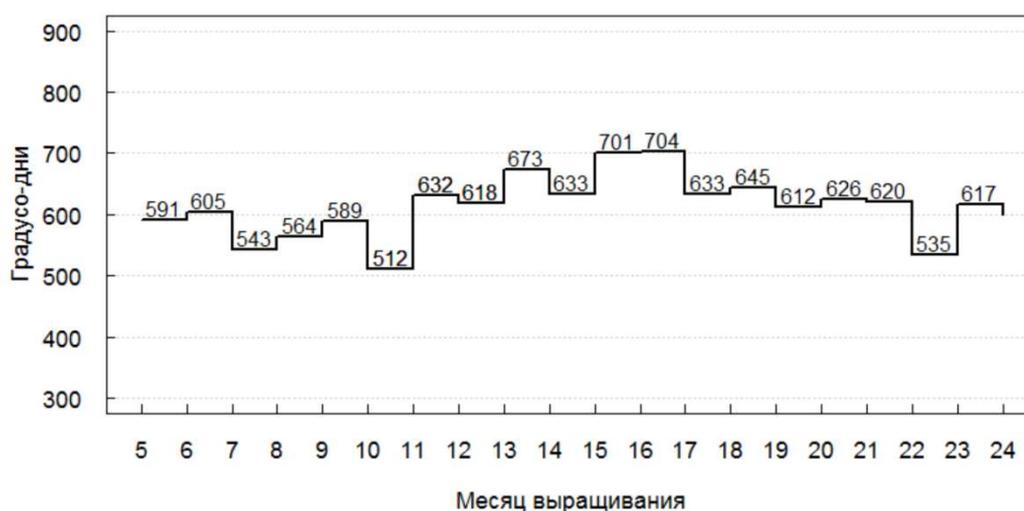


Рисунок 66 - Сумма градусо-дней при выращивании судака в условиях промышленной УЗВ

Уровень воды при выращивании молоди до массы 80-100 г устанавливали 0,5 м. В дальнейшем 1 м. Водообмен 1 раз/ч.

Товарное выращивание, с учетом проводимых сортировок и изменения плотности посадки, было разделено на 4 этапа. На первом этапе были выделены 4 группы рыб, выращивание которых проводили при плотности посадки: 100 шт/м³ (НПП – аббревиатура та же, что при выращивании посадочного материала), 225 шт/м³ (СПП), 285 шт/м³ (ВПП), 250 шт/м³ (КПП). Наибольший прирост массы тела был достигнут за 4 мес выращивания у рыб в вариантах СПП (57,1 г), НПП (54,0 г). Меньшим в КПП (42,7 г) и ВПП (34,8 г) (табл. 49).

Более интенсивный рост, определяемый средней за период величиной коэффициента массонакопления был также в вариантах НПП (0,049), СПП (0,044). Наименьший – 0,032 в ва-

рианте ВПП и 0,039 в варианте КПП (таблица 50). На большей величине Км у рыб в варианте НПП, вероятно, сказался эффект компенсационного роста.

Таблица 49 – Изменения массы судака на 1-м этапе товарного выращивания, г ($M \pm m$, $n=25$)

Сутки выращи- вания	Группы			
	1 - НПП	2 - СПП	3 - ВПП	4 - КПП
150	20,50±0,47	30,00±0,40	24,00±0,70	24,00±0,59
180	36,00±0,68	47,00±0,52	37,00±0,88	41,00±0,66
210	53,30±1,02	68,55±0,69	52,60±0,97	52,50±0,83
240	74,50±1,31	87,10±0,53	56,80±1,09	66,70±0,95

Таблица 50 - Значения общепродукционного коэффициента массонакопления на 1-ом этапе товарного выращивания судака

Сутки выращи- вания	Группы			
	1 - НПП	2 - СПП	3 - ВПП	4 - КПП
150-180	0,056	0,050	0,045	0,056
180-210	0,046	0,048	0,041	0,030
210-240	0,044	0,034	0,010	0,031

На втором этапе выращивания, после проведенной сортировки и формирования трех вариантов, отличающихся по плотности посадки (1-м – 140 шт/м³, 2-с – 190 шт/м³, 3-к – 130 шт/м³) за 3 мес наибольший прирост массы (85 г) оказался в варианте 3-к. На втором месте (62 г) в варианте 1-м. Меньший прирост (49 г) был в варианте 2-с, который был представлен среднеразмерной группой рыб. Более интенсивное массонакопление, определяемое величиной коэффициента (0,047) было в варианте (3-к), сформированном из отсортированных более крупных рыб. Менее интенсивный (0,025) в варианте (2-с), сформированном из среднеразмерных рыб. Среднее положение (0,039) в варианте (1-м), сформированном из отстающих в росте рыб (табл. 51).

Таблица 51 – Значения общепродукционного коэффициента массонакопления на 2-ом этапе выращивания судака

Сутки выращивания	Группы		
	1 - М	2 - С	3 - К
240-270	0,072	0,049	0,068
270-300	0,024	0,013	0,027
300-330	0,020	0,014	0,016

Опережающий рост рыб в вариантах 1-м и 3-к вероятно обусловлен меньшей плотностью посадки, чем в варианте 2-с. Если сопоставить скорость массонакопления рыб на втором

этапе с первым, то можно сделать вывод, что на протяжении 7 месяцев выращивания скорость массонакопления сохранялась на уровне средних значений ($K_m=0,037-0,041$)

На третьем этапе выращивания после сортировки были сформированы 4 варианта, различающиеся по плотности посадки: 1-м (мелкие) – 50 шт/м³, 2-с (средние) – 185 шт/м³, 3-к (крупные) – 160 шт/м³, 4-ок – 90 шт/м³. Более интенсивное массонакопление, определяемое величиной коэффициента, было в варианте с высокой плотностью посадки и средних по размеру рыб (0,037). Близким к нему был вариант, сформированный из рыб меньшего размера, но выращиваемых при большей плотности посадки (0,036). Меньшая скорость массонакопления (0,033) была в варианте рыб с опережающим ростом, выращиваемых при разреженной в 2 раза плотности посадки.

На завершающем четвертом этапе выращивания были сформированы 5 вариантов, отличающихся, как и на предыдущих по начальной массе рыб и плотности посадки (табл. 52).

Таблица 52 – Изменения массы тела судака на 4-м этапе товарного выращивания, г ($M \pm m$, $n=25$)

Сутки выращивания	Группы				
	1 - C1	2 - C2	3 - K1	4 - K2	5 - OK
480	206,5±4,1	211,8±4,2	233,1±4,9	239,1±5,0	339,6±6,6
510	264,3±6,2	276,0±6,7	335,7±7,0	363,9±6,7	474,4±9,3
540	366,2±8,5	338,1±9,3	423,3±8,5	472,9±7,3	557,3±11,0
570	453,0±11,7	451,1±12,6	584,6±9,6	586,1±8,7	637,8±14,1
600	504,5±12,4	496,7±12,9	623,6±11,2	595,0±9,0	695,0±14,7
630	575,8±12,9	563,7±13,0	697,8±12,5	655,3±9,3	751,7±14,6
660	643,3±13,1	636,0±10,2	773,0±13,2	703,1±9,4	860,4±15,0
690	721,4±14,0	709,5±12,8	836,3±12,6	752,2±10,0	870,1±17,4

Но разница в начальной массе в первых четырех вариантах была незначительна по сравнению с предыдущими этапами. Лишь в варианте 5-ок масса тела была существенно выше. Но в этом варианте была наибольшая плотность посадки (85 шт/м³). Близкая плотность посадки была в вариантах 3-к1 и 4-к2. Меньшая (65 шт/м³) в вариантах 1-с1 и 2-с2. Наибольший индивидуальный прирост был у рыб в варианте 3-к1 (603 г). В остальных вариантах на уровне близких значений (498-531 г). Наибольшая скорость массонакопления в течение 7 месяцев выращивания была также в варианте 3-к1 ($K_m=0,046$). Близкая к ней в вариант 1-с1 (0,044). Наименьшая (0,038) в варианте 5-ок (табл. 53). Если оценивать раскрытие ростовой потенции у судака на завершающем и предыдущих этапах, то она была на уровне значений близких к нижней границе диапазона (0,04-0,06), определяющего средний уровень.

Таким образом, несмотря на низкий уровень domestикации, судак в УЗВ раскрывает ростовую потенцию на среднем уровне, который показан для таких объектов как угорь, карповые, осетровые, лососевые рыбы, когда температура воды соответствует нижней границе диапазона

оптимальных значений [254, 366]. В наших исследованиях средняя масса товарного судака составила $777,90 \pm 31,97$ г часть особей имела массу более 1000 г. Она была достигнута за 19 мес выращивания.

Таблица 53 – Значения общепродукционного коэффициента массонакопления на 4-ом этапе выращивания судака

Сутки выращивания	Группы				
	1 - С1	2 - С2	3 - К1	4 - К2	5 - ОК
450-480	0,051	0,055	0,093	0,093	0,082
480-510	0,073	0,045	0,042	0,065	0,043
510-540	0,052	0,070	0,085	0,058	0,038
540-570	0,027	0,026	0,018	0,008	0,025
570-600	0,035	0,031	0,028	0,020	0,023
600-630	0,034	0,035	0,034	0,024	0,042
630-660	0,034	0,032	0,024	0,020	0,004

Если сопоставить эти результаты с данными из литературных источников, то сравнимой товарной массы судак достигает в возрасте 15 мес [553]. На датском предприятии Aquargi A/S такую массу судак набирает за 460 сут [517]. То, что эти сообщения дают ограниченную информацию об условиях выращивания судака говорилось ранее. Во-первых, не сообщается о том на каком уровне доместикации находится технологическое освоение судака в УЗВ. Во-вторых, не сообщается, отбраковывалась при начале товарного выращивания часть отстающего в росте посадочного материала, не выдерживающего конкуренции в питании со среднеразмерными и крупными рыбами и какова его доля. В-третьих, не конкретизирован температурный режим, способствующий раскрытию ростовой потенции на отмеченном уровне. В-четвертых, нет указаний на принадлежность примененных кормов к прошедшим испытание в качестве специализированных

В целом, на протяжении всего периода выращивания товарного судака, доминировала рецептура Aller Bronze, в составе которой соотношение белка и жира (45:15). Тем не менее, после адаптации посадочного материала к условиям промышленной УЗВ, в период с 210 по 240 сут эффективность конвертации пищи на прирост массы рыб была высокой. Узкий диапазон в величине кормового коэффициента (1,09-1,19), за исключением варианта с высокой плотностью посадки ($K/k = 1,59$), подтверждает предпочтительность плотности посадки 100-250 шт/м³. На втором этапе выращивания было отмечено возрастание величины кормового коэффициента во всех размерных группах. Однако в отдельные месяцы были зафиксированы низкие для продукционного корма значения кормового коэффициента (1,06-1,24). Однако, чаще величина показателя была выше 1,8 (до 2,49). Можно предположить, что на снижение эффективности кормле-

ния сказались влияние сезонного фактора (февраль – апрель), сохраняющего влияние даже в условиях УЗВ на данном этапе доместикации судака.

В качестве подтверждения служат данные об эффективности кормления судака на третьем этапе, соответствующем периоду апрель-август. Минимальные значения кормового коэффициента в отдельные месяцы составляли 1,05-1,11, максимальные 1,61-1,77. В основном 1,3-1,5.

Примерно на таком же уровне была эффективность кормления на четвертом этапе выращивания, Существенное возрастание величины кормового коэффициента, в основном в группах рыб с опережающим ростом, можно связать с более интенсивным генеративным обменом и отвлечением части обменной энергии в ущерб пластической составляющей. В то же время, следует отметить, что судак, проходящий первые этапе доместикации в УЗВ, отличается определенной капризностью в питании. Периоды активного поедания корма, могут сменяться на некоторое время частичным поеданием нормируемой дозы корма [320].

Но следует признать, охватывая весь период выращивания судака от возраста мальков до товарной рыбы, что, в основном, средние значения кормового коэффициента, независимо от плотности посадки рыб, были от 0,8 до 2, в среднем около 1,5. Именно, такой диапазон приводит Z. Zakes (2003), характеризую эффективность кормления судака в УЗВ.

Апробация ранее установленных суточных доз кормления [456, 462, 471] позволила конкретизировать их в процессе товарного выращивания:

- для рыб массой 20-75 г: 1,3-2,0 % от массы тела (большая величина в начале этапа, меньшая к концу);
- для рыб массой 75-100 г: 1,2-1,6 %;
- для рыб массой 100-150 г: 1,0-1,2 %;
- для рыб массой 150-400 г: 0,7-0,8 %;
- для рыб массой 400-600 г: 0,6-0,7 %;
- для рыб массой 600-800 г: 0,5-0,6 %;
- для рыб массой 800-1200 г: 0,4-0,5 %.

Апробированные режимы выращивания товарного судака (температурный и газовый режим, плотности посадки, рецептуры корма, размер кормовых частиц, кратность кормления, суточные дозы корма) позволили установить высокий уровень адаптации судака к специфическим условиям УЗВ и кормлению искусственным кормом. О соответствующей этому проявлению физиологической полноценности посадочного материала и товарной рыбы говорят данные о выживаемости судака на этапах выращивания до массы 300 г, когда проводится завершающая сортировка рыб по размеру и до товарной массы (700-1000 г), 97 и 95 %, соответственно.

Полученные в ходе исследований и апробированные на практике результаты положены в основу «Рыбоводно-биологических нормативов разведения и выращивания судака в УЗВ» (прилож. 7, табл. 7.8).

8.1.5 Угорь (*Anguilla Anguilla L.*)

Раскрытие ростовой потенции угря в УЗВ согласуется с условиями выращивания и, прежде всего, с температурой воды. В связи с этим нами проведен анализ данных о средней массе и возрастном составе уловов угря в Куршском и Калининградском заливах (табл. 54).

Таблица 54 – Размерно-возрастной состав уловов угря и величина коэффициента массонакопления

Возраст	Куршский залив		Калининградский залив	
	средняя масса, г	коэффициент массонакопления	средняя масса, г	коэффициент массонакопления
0+	17	0,013	15	0,009
1+	80	0,035	37	0,017
2+	150	0,02	90	0,024
3+	260	0,19	180	0,023
4+	360	0,016	230	0,009
5+	600	0,026	320	0,02
6+	700	0,008	470	0,013
7+	890	0,015	670	0,02
8+	1150	0,018	900	0,018
9+	1570	0,024	1150	0,017
10+	1800	0,009	1350	0,011
11+	2000	0,009	-	-
12+	2200	0,008	-	-
среднее	-	0,019	-	0,017

Размерный состав сеголетков учитывает, что до вхождения в заливы молодь угря совершает миграцию от западного побережья Атлантики в течение 1-3 лет, а время захода растягивается в течение вегетационного сезона.

Из данных таблицы можно заключить, что для входящей в заливы молоди наиболее благоприятные условия для роста отмечены в первые два года в Куршском заливе. Что согласуется с большой биомассой хирономид – основной пищи. Полихеты, которые являются для угря основной пищей в Калининградском заливе, очевидно, в эти годы малодоступны для этих размерно-возрастных групп. В дальнейшем скорость роста угря в обоих заливах выравнивается. В среднем ростовая потенция у угря, оцениваемая по величине коэффициента массонакопления, стремится к величине 0,02.

Средней массы 3-5 г в УЗВ посадочный материал достигает в возрасте 95-125 суток с даты доставки стекловидного угря. Средней массы 150 г в возрасте 320-350 сут, массы 200 г в воз-

расте 350-380 сут [389]. Средней массы 250 г, когда можно отбирать рыб для дальнейшего выращивания крупноразмерного угря, достигает в возрасте 390-415 сут, средней массы 400 г в возрасте 460-490 сут.

Соответствие выбранных алгоритмов раскрытия ростовой потенции у одноразмерных рыб, выращенных в условиях УЗВ и из природных водоемов, можно оценить на основании сравнения сумм градусо-дней, набранных за периоды выращивания. Для угря Куршского залива до достижения средней массы 400 г требуется около 700 сут или 12600 градусо-дней (средняя температура вегетационного сезона 18°C, начало и завершение активного питания при температуре 12°C). В Калининградском заливе до достижения обозначенной массы затрачивается около 750 сут или 13500 градусо-дней. В УЗВ массы 400 г угорь достигает за 490 сут или 12500 градусо-дней.

Таким образом, в естественных условиях товарной массы 150-200 г угорь достигает в возрасте 3-4-х лет (оценивается по пресноводному периоду жизни в заливах). Этому соответствует календарный период продолжительностью 13-18 месяцев, когда температура воды выше 12°C, а средняя составляет 18°C. К тому же природо - климатические условия из года в год не постоянны, что отражается на гидрологическом и гидробиологическом режиме, а, следовательно, росте угря. В УЗВ такой массы рыбы достигают за 10-13 месяцев при средней температуре выращивания 25°C. Соответственно, массы 400 г в заливах угорь достигает за 23-25 месяцев, в УЗВ за 15-16 месяцев. Но здесь следует учитывать, что выращивание угря в УЗВ начинается от стекловидной личинки, а в заливах от входящего в возрасте 1-3 лет угря средней массой 10-15 г. В УЗВ для достижения такой массы требуется 150-160 сут или около 5 мес. Чтобы получить сравнимые показатели продолжительности выращивания необходимо вычесть из общей продолжительности 5 месяцев. Тогда для УЗВ период выращивания от весовой кондиции входящего угря составит 5-8 и 10-11 месяцев, соответственно, до массы 150-200 и 400 г рыб.

Современная конъюнктура российского рынка должна ориентироваться на оптовую цену реализации угря с массой 150-250 г 500 руб./кг, на угря со средней массой 400 г и более – 800 руб./кг и более. Однако, учитывая инфляционные ожидания, степень насыщения потребительского рынка продукцией угря в соответствии с состоянием природных популяций, уровнем развития товарного угреводства, оптовая и розничная цена могут быть выше. Тем более, что неравномерный рост угря в пределах одной генерации (рис. 67) в определенной мере способствует формированию шкалы цен на выращенного угря.

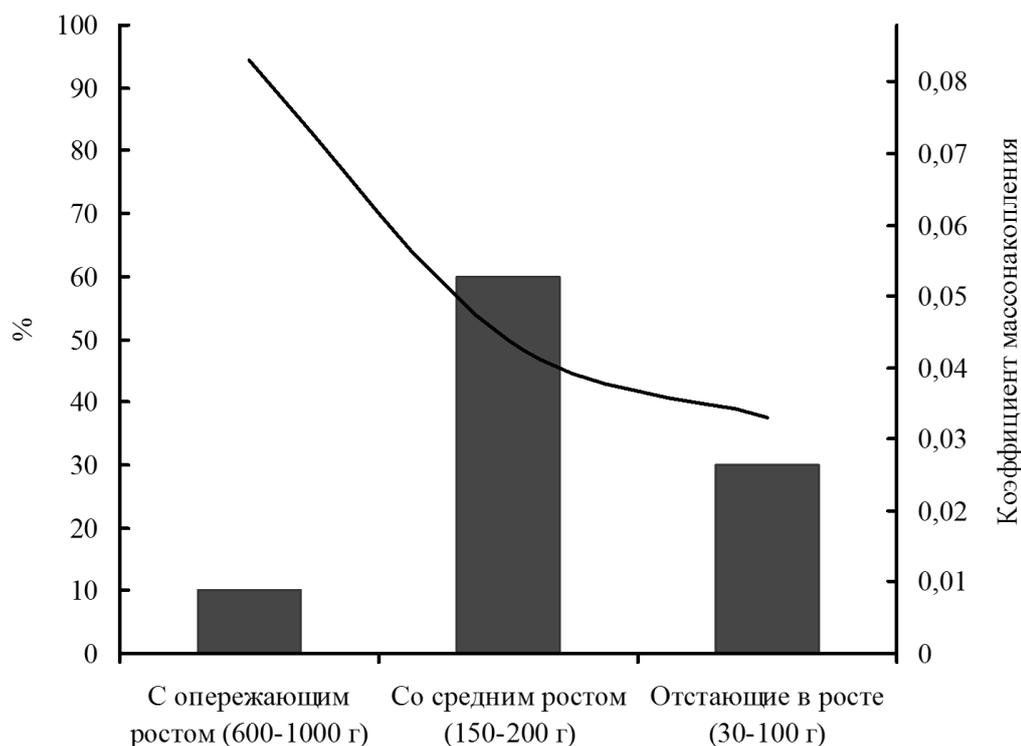


Рисунок 67 – Распределение модальных размерных групп

8.1.5.1 Выращивание посадочного материала

8.1.5.1.1 Карантинизация стекловидного угря

Готовность стекловидного угря к транспортировке в специальной таре, определяемая началом выработки кожными железами слизи, визуально определяется появлением пигмента на теле [31]. Однако, если пигментация затронула значительную часть кожного покрова, то это означает, что личинки определенное время находились в реке, начали питаться и могли по первому каналу заражения получить паразита *Anguillicola cerasus* [213, 214]. Что не желательно, если предполагается последующее направление посадочного материала на зарыбление водоёмов, в которых ранее данная нематода не встречалась. Наши исследования генерации угря, стопроцентно поражённой нематодой, при выращивании в УЗВ показали, что по достижении возраста 11 – 12 мес нематода исчезла из мест локализации в плавательном пузыре. Поскольку в УЗВ отсутствуют промежуточные хозяева, то дальнейшая инвазия нематоды не возможна. Реального влияния паразитоносительства на рост угря не отмечено.

Поскольку ранее в подразделе 6.2.5 биотехника карантинизации была охарактеризована следует остановиться на ключевых моментах.

При переходе на смешанное питание кратность кормления и суточная доза икры остаются прежними (10 %). В промежутках между кормлениями икрой на плавающие кормушки вносили

сухой стартовый корм. Нами апробированы рецептуры стартового корма Aller Futura и Aller ivory датский фирмы Aller Aqua и Stella mini, французской фирмы Scretting.

Начальная суточная доза 1 % от массы личинок. С градиентом 0,2 % в течение 15 сут доводилась до 4 % от массы рыб. Размер крупки стартового корма 0,3 – 0,5 мм.

По прошествии 20 сут после начала кормления личинкам с опережающей и средней скоростью роста дачу икры прекращали. Для личинок угря, отстающих в росте, как показывает наша практика, кормление икрой целесообразно продолжать еще в течение 10 сут.

Далее при кормлении сухим стартовым кормом суточная доза 4 % от массы личинок. С возможным отклонением от 3 до 4,9 % в зависимости от активности рыб в питании. Кормление 1 раз/ч в период с 8 до 20 ч. Корм задавался на плавающие кормушки. Несъеденный корм через пол часа после дачи корма из кормушек удаляли. Размер крупки корма 0,5-1 мм. Кормовой коэффициент, величина которого в наших исследованиях по рецептурам Aller ivory и Futura, 0,85 – 1,1, по рецептуре Stella mini 0,65 – 0,82.

Выживаемость личинок по завершении карантина составляла для генераций угря, завезенного из Марокко 98,5 %, из Португалии 92,0 %, из Англии 97,2 %.

На основании данных по трем генерациям, завезенных из разных частей ареала можно сделать вывод, что при высоком исходном качестве и соблюдении условий транспортировки, выживаемость личинок, прошедших карантин, выше 90 %.

8.1.5.1.2 Выращивание молоди до массы 10 г

Оптимальный размер бассейнов на этапах карантинизации и выращивания молоди до 10 г: площадь 1,0 – 2,25 м³, уровень воды 0,5 – 1,0 м, водообмен, установленный при апробации опытно-промышленных режимов выращивания, составлял 1 раз/ч. Желательная форма бассейнов – квадратная с закругленными углами. Апробация бассейнов большей площади (7 – 10 м²), прямоугольной или круглой формы показала большую трудоемкость рыбоводного процесса при чистке бассейнов и сортировках рыб.

При выращивании угря разноразмерность проявляется уже в период карантинизации стекловидных личинок и закрепляется далее. Поэтому сортировку надо рассматривать как важный биотехнический прием. Рекомендуемая частота сортировок составляет раз в месяц до достижения угрем массы 100 – 150 г, далее до достижения массы 400 г раз в полтора месяца [31, 147].

Поскольку различия в массе рыб в каждой генерации особенно выражены в период выращивания молоди, то нами был проведен эксперимент, позволивший установить преимущество проведения более частых сортировок [242]. Были апробированы два варианта: первый, когда сортировки проводили первые два месяца, начиная с момента посадки в бассейны, раз в 2 недели, далее раз в месяц; второй, когда первая сортировка была проведена через месяц после по-

садки стекловидных личинок в бассейнах, во второй месяц выращивания раз в 2 недели, далее раз в месяц.

Плотность посадки личинок в бассейны составляла от 22 до 27 тыс. шт/м³. Температура воды 25 – 26 °С, содержание растворенного в воде кислорода 7,5 – 9,5 мг/л, рН 7,0 – 7,2. Содержание нитритов до 0,35 мг/л, нитратов до 72 мг/л.

Данные об изменении средней массы в выделенных группах молоди угря отражены на рис. 68.

За 90 сут выращивания личинки с начальной средней массой 0,32 г достигли в первой опытной группе конечной массы 3,8 и 2,2 г, соответственно, во второй опытной группе 3,17 и 1,47 г, соответственно.

О решающем влиянии температуры воды на скорость роста молоди угря можно показать на двух примерах. Первый, когда температура воды в течение периода выращивания была от 22,5 до 24,2 °С (рис. 69). Продолжительность выращивания с момента посадки стекловидных личинок до достижения средней массы близкой к 10 г составила 180 сут. При этом первая сортировка была проведена через месяц по завершении карантина, поскольку в предыдущий период скорость роста и видимое изменение размеров личинок были замедлены. В этот же период проходили качественные преобразования в организме молоди угря.

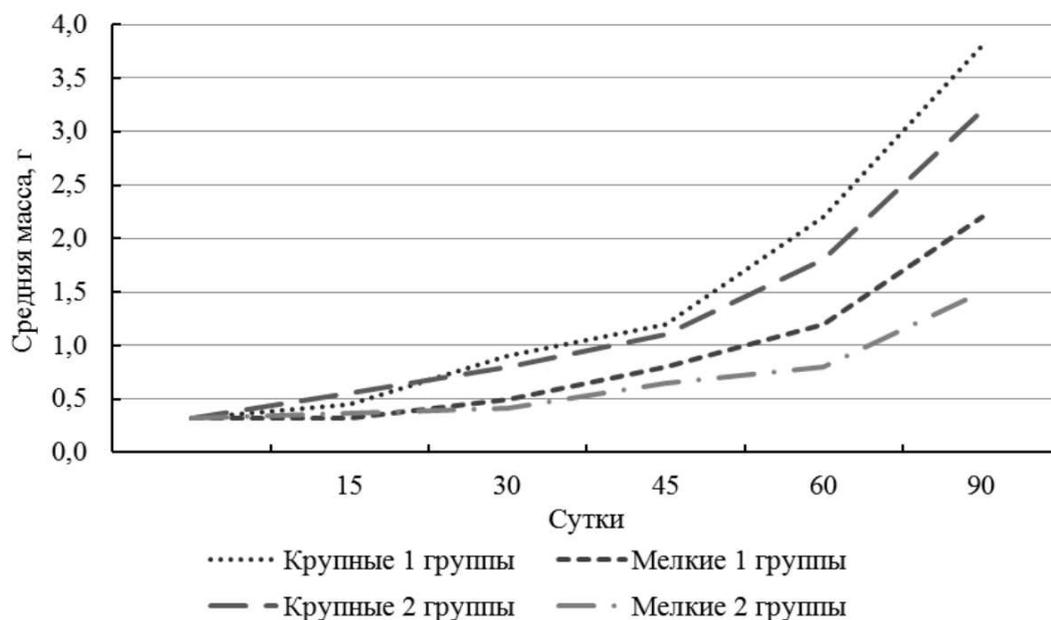


Рисунок 68 – Средняя масса угля в двух группах, выращенных на протяжении трех месяцев

Развитие и совершенствование пищеварительной системы и внутренних органов в условиях поэтапного перехода на «влажный» (икра) и сухой корм реализовались в скорости массонакопления, определяемой величиной коэффициента массонакопления (Км) 0,015. После про-

ведения сортировки и рассадки молоди с плотностью посадки 2,5 – 3,0 тыс. шт/м³, скорость роста увеличилась. В первый месяц выращивания в группе рыб с опережающим ростом до 0,081, в группе со средней скоростью роста до 0,053, в группе, отстающей в росте, до 0,024 (прилож. 7, рис. 7.30). В последующие месяцы, после очередных сортировок была отмечена, в целом, сходная тенденция постепенного снижения скорости роста до самых низких значений Км: 0,002 для групп со средней скоростью роста и отстающих в росте. Лишь в группе рыб с опережающим ростом скорость роста была несколько выше (0,017). Следует отметить, что такая картина в изменении скорости массонакопления проявилась в условиях относительно низкой для данного периода выращивания плотности посадки 2,5 – 3,0 тыс. шт/м³ по сравнению с рекомендуемой для однократного водообмена [31, 325].

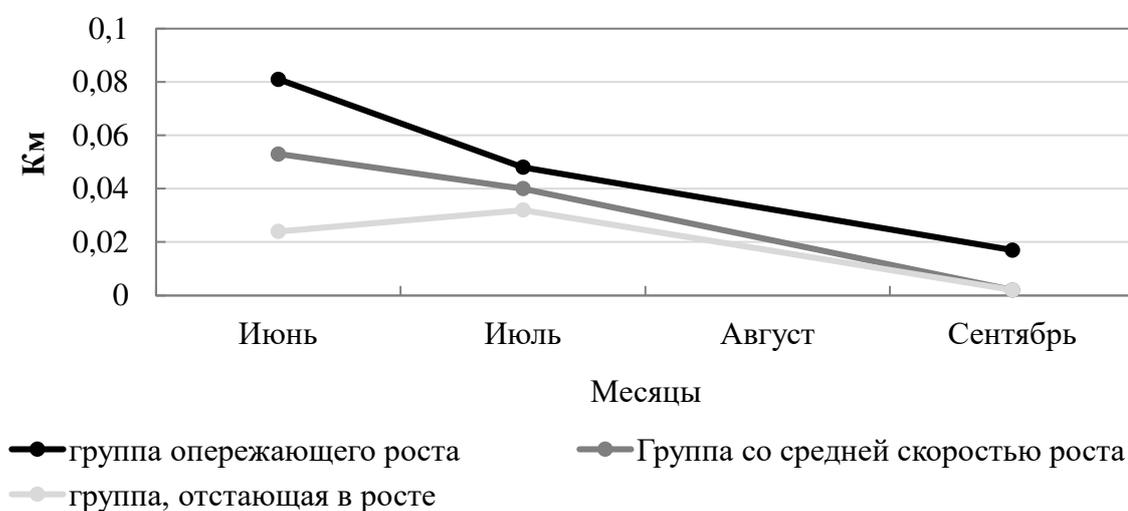


Рисунок 69 – Изменение величины коэффициента массонакопления при выращивании посадочного материала

Объективность установления такой плотности посадки объясняется размером бассейнов (10 м³) и количеством завезенных стекловидных личинок из Марокко (100 тыс. шт). Очевидно, причиной столь существенного снижения скорости массонакопления являлась температура воды, определяющая развитие рыб. На уровне предположений можно рассматривать в качестве причины не подтверждение в числе абиотических фактора солёности в диапазоне значений от 2 – 3 до 10 – 15 ‰, что имеет место в естественном ареале, охватывающем прибрежные опресненные средиземноморские акватории. Средняя за период выращивания молоди угря до массы 10 г величина Км составила в группе рыб с опережающим ростом 0,032, в группе со средней скоростью роста 0,021, в группе, отстающих в росте, 0,015. В литературных источниках не удалось найти данных о предположительной величине генетического коэффициента роста угря [172]. Если предположить, основываясь на фактическом материале, что в возрасте 300 сут от-

дельные особи угря способны достигать массы 1000 г, что таковой может быть генетически заложенная потенция роста, воспользовавшись формулой, можно рассчитать величину коэффициента массонакопления:

$$K_m = \frac{(\sqrt[3]{1000} - \sqrt[3]{0,34}) \times 3}{300} = 0,093$$

Далее, зная величину K_m можно рассчитать величину генетического коэффициента роста угря, приняв величину экологического коэффициента роста 0,9, зарезервировав долю влияния частных факторов:

$$K_g = \frac{K_m}{K_э} = \frac{0,093}{0,9} = 0,103$$

Если принять такой или близкой к ней величину генетического коэффициента роста можно определить какова доля влияния экологических условий выращивания на молодь угря. В варианте выращивания группы рыб с опережающим ростом она составила:

$$K_э = \frac{0,032}{0,103} = 0,31 \text{ или } 31 \%$$

В варианте группы рыб со средней скоростью роста:

$$K_э = \frac{0,021}{0,103} = 0,20 \text{ или } 20 \%$$

В варианте группы рыб, отстающих в росте:

$$K_э = \frac{0,015}{0,103} = 0,146 \text{ или } 14,6 \%$$

Очевидно, насколько большой имеется резерв частных факторов, способных повысить экологическую обеспеченность процесса выращивания молоди угря. Однако, оценивая значимость частного экологического коэффициента, имеющего отношение к кормлению, можно отметить, что она была высокой. По специализированной стартовой рецептуре Aller ivory, разработанной датской фирмой Aller Aqua, величина кормового коэффициента была от 0,8 до 1,05. Отмеченные значения подтверждают, с одной стороны, обоснованность состава данной рецептуры для угря, с другой, о высоком уровне конвертации пищи на прирост массы рыб при относительно низкой температуре воды (22,5 – 24,2 °C).

Апробация суточных доз показала их соответствие рекомендуемым значениям (2,5 – 3,2 % от массы рыб). Отмеченная высокая жизнестойкость личинок угря в период проведения карантина подтвердилась на этапе выращивания молоди до массы 10 г (рис. 71). В группе молоди, отстающей в росте, она составила 85 %, со средней скоростью роста 92 %, с опережающим ростом 98,5 %. Лишь в первой группе она была несколько ниже нормативной величины 90 % [31].

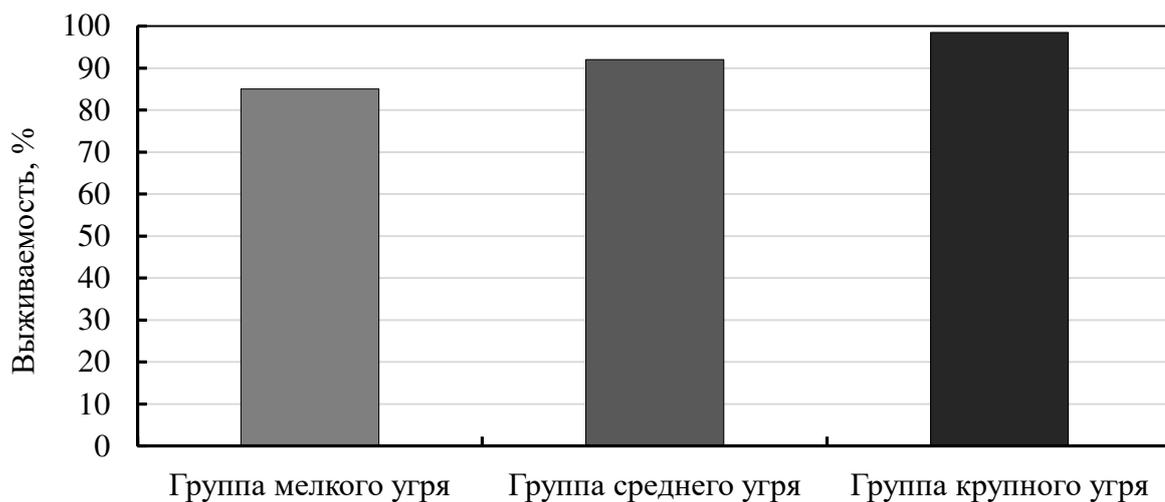


Рисунок 70 – Процент выживаемости угля марокканской генерации за период выращивания (2015 г. – 2016 г.)



Рисунок 71 – Изменение величины коэффициента массонакопления при выращивании посадочного материала угля

Второй пример, когда температура воды была в диапазоне значений 24 – 26 °С (прилож. 7, рис. 7.31). Стекловидная личинка имела происхождение из Португалии. Вероятно, более высокая температура воды способствовала тому, что конечной средней массы 10 г молодь достигла за 98 сут. Если в предыдущем варианте максимальная скорость массонакопления ($K_m = 0,081$) была достигнута только в группе рыб с опережающим ростом, то в настоящем была достигнута при выращивании двух размерных групп рыб ($K_m = 0,11 - 0,15$). На протяжении большей части периода выращивания преобладала обратная предыдущему варианту динамика в росте молоди, направленная в сторону увеличения, причем во всех размерных группах (прилож. 7, рис. 7.32).

Большой была средняя за период скорость роста во всех размерных группах: с опережающим ростом 0,052, со средней скоростью роста 0,028, с низкой скоростью роста 0,018.

При этом следует отметить, что плотность посадки молоди угря в размерных группах была сопоставимой с предыдущим вариантом и составляла 2,3 – 2,8 тыс. шт/м³ в бассейнах площадью 7 м², с уровнем воды 0,4 – 0,5 м, водообменом 1 раз/ч.

Суточные дозы кормления кормом Aller Futura были близки к нормируемым значениям [31] и составили в среднем по размерным группам:

до 1 г	–	3,8 %
1 – 2 г	–	3,2 %
2 – 4 г	–	3,0 %
4 – 6 г	–	2,5 %
6 – 8 г	–	2,5 %
8 – 10 г	–	2,5 %

Применяемая рецептура корма апробирована на молоди лососевых, осетровых, сомовых и других видах рыб. Оценка ее эффективности на молоди угря показала, что она несколько уступает рецептуре Aller ivory, но, в целом, обеспечивает потребности молоди угря в питательных веществах (прилож. 7, рис. 7.33). Выживаемость молоди была ниже, чем в предыдущем варианте. Потери поголовья были, в основном, в период полного перехода на сухой стартовый корм и отмечались в течение 10 сут (прилож. 7, рис. 7.34). Если в первых двух группах выживаемость молоди была высокой, то в последней на 10 % ниже нормативной величины [31]. Очевидно, что молодь, отстающая в росте, сложнее переходила на питание сухим стартовым кормом. Тем не менее, большая ее часть адаптировалась к питанию искусственным кормом.

Еще одним примером, позволяющим оценить влияние плотности посадки на скорость роста молоди угря являлся тот, когда стекловидный угорь был завезен из Англии и посажен в бассейны размером 1×1×1 м, с водообменом 1 раз/ч.

Температура воды в течение трех месяцев выращивания молоди до средней массы 5,9 г (прилож. 7, рис. 7.35) была в узком диапазоне значений (25,2 – 25,8 °С), содержание кислорода 7,5 – 9,5 мг/л, рН 7,2 – 7,5, концентрация нитритов до 0,47 мг/л.

Плотность посадки в первый месяц выращивания была 20 – 25 тыс. шт/м³. После первой сортировки молодь рассадили с плотностью посадки:

- группа с опережающим ростом: 2 – 3 тыс. шт/м³;
- группа со средней скоростью роста: 3,5 – 4,5 тыс. шт/м³;
- группа, отстающая в росте: 5,0 – 7,5 тыс. шт/м³.

Картина в росте была близкой, отмеченной в предыдущем варианте, так же, как и средняя величина коэффициента массонакопления (прилож. 7, рис. 7.36). Стабильность температуры воды опосредовалась в плавном нарастании скорости массонакопления после каждой сортировки, проводимой в конце каждого месячного периода выращивания. Суточная доза корма соответствовала ранее приведенной, но величина кормового коэффициента была ниже, что подтверждает большую эффективность стартового корма французской фирмы Scretting (прилож. 7, рис. 7.37). Именно для этой рецептуры показано самое низкое значение кормового коэффициента (0,65).

Кормление проводили по принятой схеме: - 20 сут икра трески, дополнительно 10 суток для отстающих в росте рыб из расчета 10 % от массы тела; - с 7 суток начинали давать сухой стартовый корм из расчета 1 % от массы рыб, с градиентом 0,2 % в сутки, доводя до 4 %; - с 20-30 сут полный переход на сухой стартовый корм и кормление по установленной суточной дозе.

Кратность кормления икрой раз в 2 ч, сухого корма раз/ч. Продолжительность кормления 12 ч в сутки. Размер крупки стартовым кормом для рыб массой 0,45-1 г – 0,5 мм, 1-3 г – 0,6-0,8 мм, 3-10 г – 1,0-1,2 г.

Более высокая плотность посадки по сравнению с предыдущими вариантами не отразилась на выживаемости (прилож. 7, рис. 7.38). Выживаемость в первых двух размерных группах была близкой (94,5 – 97,4 %). В третьей близкой к нормативной (88,2 %).

8.1.5.2 Выращивание товарного угря

Если исходить из определенной ранее в предположительном порядке величины генетического коэффициента роста (0,103), то можно рассчитать какая будет величина коэффициента массонакопления. Причем, этот показатель, с целью придания расчетам многовариантности, целесообразно определить с учетом трех режимов действия экологических факторов [366]. Ранее нами на основании учета данных о раскрытии ростовой потенции у разных видов рыб [173] было предложено рассматривать проявление экологического коэффициента в трех позициях: первая, когда отмечают медленный рост рыб ($Kэ = 0,2-0,3$), вторая, когда отмечают среднюю скорость роста ($Kэ = 0,4 – 0,6$), третья, когда отмечают ускоренный рост рыб ($Kэ = 0,7 – 0,9$) [366].

Возможная скорость массонакопления по трем позициям составит:

$$1 - K_m = K_r \times K_э = 0,103 \times 0,25 = 0,025$$

$$1 - K_m = 0,103 \times 0,5 = 0,052$$

$$1 - K_m = 0,103 \times 0,8 = 0,082$$

Опираясь на эти цифры можно рассчитать возможную конечную массу товарного угря через определенные промежутки времени. Если учитывать, что средняя продолжительность выращивания посадочного материала угря составляет от 3 до 6 мес, то интерес представляет, ка-

кую товарную массу угорь будет иметь в возрасте 12 мес (через 9 и 6 мес, соответственно), если бассейновый фонд рассчитан на сквозное использование одних бассейнов, начиная с момента посадки стекловидного угря до отлова товарной рыбы. В возрасте 18 и 24 мес (через 9 и 12, 15 и 18, соответственно), если используется ступенчатая схема эксплуатации разнотипных по форме и размеру бассейнов.

Возможная товарная масса угря в возрасте 12 мес, если возраст посадочного материала 3 мес, по трем позициям составит:

$$1 - M_{\text{К}} = \left(\frac{K_{\text{М}} \times T + 3 \times \sqrt[3]{M_{\text{Н}}}}{3} \right)^3 = \left(\frac{0,026 \times 270 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 91,1 \text{ г}$$

$$2 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,052 \times 270 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 320 \text{ г}$$

$$3 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,082 \times 270 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 868,3 \text{ г}$$

Возможная товарная масса угря в возрасте 12 мес, если возраст посадочного материала 6 мес, по трем позициям составит:

$$1 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,026 \times 180 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 51,5 \text{ г}$$

$$2 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,052 \times 180 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 147,2 \text{ г}$$

$$3 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,082 \times 180 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 354,9 \text{ г}$$

Из двух примеров видно, что определяющим конечный результат фактором явился временной период выращивания товарного угря. В то же время надо учитывать, что во втором варианте мы имеем дело с задержанным в росте посадочным материалом. Если обратиться к определенной статистической базе, структуре генерации товарного угря как 10 (крупный угорь) : 60 (среднеразмерный угорь) : 30 (мелкий угорь) %, то можно рассчитать среднюю массу рыб в рассмотренных вариантах, предполагая, что позиции соответствуют определенной размерной группе рыб в пределах одной генерации [31].

По первому варианту возможная средняя масса угря составит:

$$M_{\text{ср}} = \frac{868,3 \text{ г} \times 10\% + 320,0 \text{ г} \times 60\% + 91,1 \text{ г} \times 30\%}{100\%} = 306,2 \text{ г}$$

По второму варианту возможная средняя масса угря составит:

$$M_{\text{ср}} = \frac{354,9 \text{ г} \times 10\% + 147,2 \text{ г} \times 60\% + 51,5 \text{ г} \times 30\%}{100\%} = 139,3 \text{ г}$$

В наших исследованиях в одном из вариантов размерная структура генерации угря была 20,8 : 40,8 : 38,4 %, соответственно ранее приведенному.

При такой структуре возможная средняя масса угря в первом варианте составила бы:

$$M_{\text{ср}} = \frac{868,3 \text{ г} \times 20,8\% + 320,0 \text{ г} \times 40,8\% + 91,1 \text{ г} \times 38,4\%}{100\%} = 346,1 \text{ г}$$

Во втором варианте:

$$M_{\text{ср}} = \frac{354,9 \text{ г} \times 10\% + 147,2 \text{ г} \times 40,8\% + 51,5 \text{ г} \times 38,4\%}{100\%} = 153,7 \text{ г}$$

При такой разноразмерной структуре генерации средняя масса товарного угря оказалась выше в обоих вариантах, чем в предыдущем примере.

Возможная товарная масса угря в возрасте 18 мес по первому варианту может составить :

$$1 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,026 \times 360 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 147,2 \text{ г}$$

$$2 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,052 \times 360 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 592,7 \text{ г}$$

$$3 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,082 \times 360 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 1728,0 \text{ г}$$

По второму варианту:

$$1 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,026 \times 270 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 91,1 \text{ г}$$

$$2 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,052 \times 270 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 320,0 \text{ г}$$

$$3 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,082 \times 270 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 868,3 \text{ г}$$

При установленной нами размерной структуре генерации угря в возрасте 18 мес как 32:60:8 % возможная средняя масса товарного угря по первому варианту составит:

$$M_{\text{ср}} = \frac{1728,0 \text{ г} \times 32\% + 592,7 \text{ г} \times 60\% + 147,2 \text{ г} \times 8\%}{100\%} = 920,4 \text{ г}$$

По второму:

$$M_{\text{ср}} = \frac{868,3 \text{ г} \times 32\% + 320 \text{ г} \times 60\% + 91,1 \text{ г} \times 8\%}{100\%} = 477,2 \text{ г}$$

Возможная товарная масса угря в возрасте 24 мес составит по первому варианту:

$$1 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,026 \times 540 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 320,0 \text{ г}$$

$$2 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,052 \times 540 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 1528,8 \text{ г}$$

$$3 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,082 \times 540 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 4844,0 \text{ г}$$

По второму варианту:

$$1 - M_{\text{К}} = \left(\frac{0,026 \times 450 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 225,5 \text{ г}$$

$$2 - M_k = \left(\frac{0,052 \times 450 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 988,0 \text{ г}$$

$$3 - M_k = \left(\frac{0,082 \times 450 + 3 \times \sqrt[3]{10}}{3} \right)^3 = 3023,5 \text{ г}$$

Если придерживаться размерной структуры, отмеченной ранее, то в первом варианте возможная средняя масса угря составит:

$$M_{\text{ср}} = \frac{4844,0 \text{ г} \times 32\% + 1528,8 \text{ г} \times 60\% + 320,0 \text{ г} \times 8\%}{100\%} = 2493,0 \text{ г}$$

По второму:

$$M_{\text{ср}} = \frac{3023,5 \text{ г} \times 32\% + 988,0 \text{ г} \times 60\% + 222,5 \text{ г} \times 8\%}{100\%} = 1578,1 \text{ г}$$

Однако, учитывая обширный ареал угря и разные районы отлова стекловидного угря, то в каждой генерации выращиваемого в УЗВ товарного угря размерная структура будет отличаться, в том числе с учетом условий содержания рыб. К тому же, осредняя данные о возможной скорости роста, особенно после года выращивания, мы не учитываем, что самцы угря имеют предельные размеры не более 51 см по длине и 250 г по массе [159, 236, 293]. Очевидно, после первого года выращивания основной прирост массы будут давать самки. Но и они растут неравномерно. Наши данные показывают, что и в группе рыб, отстающих в росте, после первого года выращивания, появляются рыбы, резко увеличивающие скорость роста и по размеру переходящие в группу со средним ростом. Это подтверждено результатами сортировок.

В наших исследованиях были апробированы два варианта выращивания товарного угря:

1. когда температура воды была ниже оптимальной 22,5 – 23,7 °С (рис. 72)
2. когда температура воды соответствовала оптимальной 25,5 – 26,5 °С

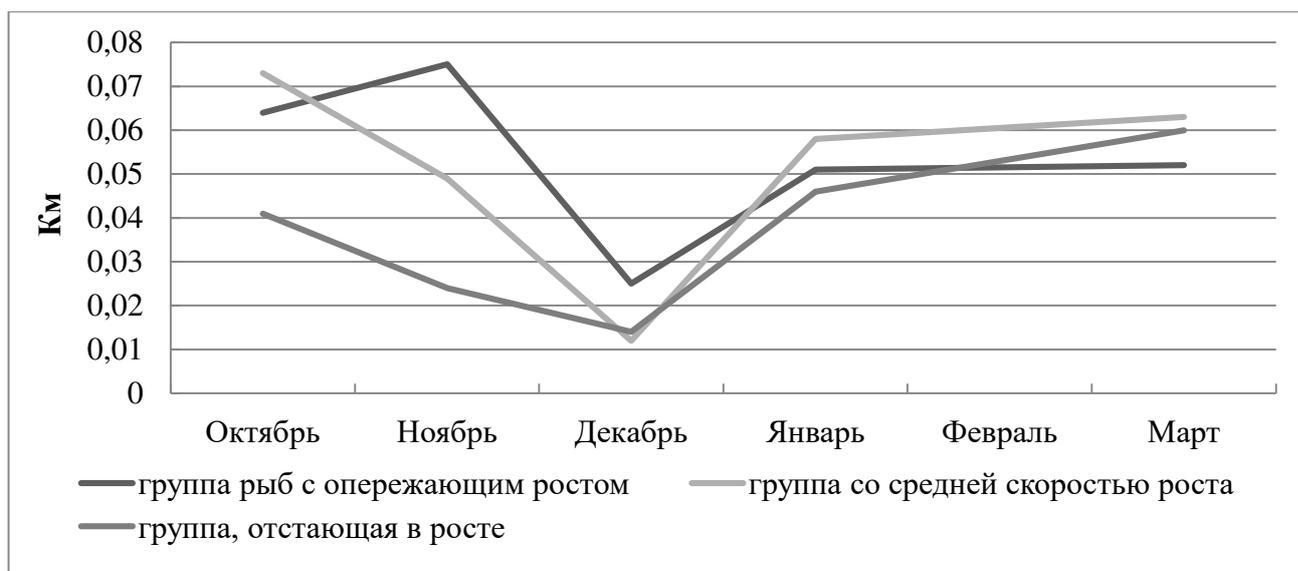


Рисунок 72 – Изменение величины коэффициента массонакопления (Км) при выращивании товарного угря в первом варианте

В первом варианте плотность посадки посадочного материала была в диапазоне значений 0,5 – 1,0 тыс шт/м³. Содержание растворенного в воде кислорода 7,2 – 10,5 мг/л, рН 6,8 – 7,4. Концентрация нитритов 0,28 – 0,62 мг/л.

Оценка роста угря с сентября по март показала, что в первую половину периода, в целом, проявилась тенденция уменьшения скорости массонакопления (Км) в группе крупного угря от 0,075 до 0,025, в группе среднеразмерного угря от 0,073 до 0,012, в группе мелкого угря от 0,041 до 0,014. Очевидно в основе этого влияние сезонного фактора.

Во вторую половину периода отмечена стойкая тенденция увеличения скорости массонакопления в размерных группах, соответственно, до 0,052, 0,063 и 0,060 (прилож. 7, рис. 7.39). Средняя за период скорость массонакопления составила в группе крупного угря 0,053. Такая же скорость массонакопления была в группе среднеразмерного угря, ниже в группе мелкого угря (0,041).

Суточная доза корма Aller ivory в размерных группах составила:

10 – 15 г	–	2,2 %
15 – 50 г	–	1,9 %
50 – 150 г	–	1,5 %

Размер крупки при выращивании угря до массы 80 г 1,5 – 2,5 мм, размер гранул при выращивании рыб массой более 80 г – 3,2 мм. Кратность кормления составила раз в 2 часа в течение 12 ч. Величина кормового коэффициента в течение шести месячного периода изменялась незначительно.

Выживаемость угря в возрасте 12 мес составила в группе крупного угря 99,5 %, в группе среднеразмерного угря 99,4 %, в группе мелкого угря 95,8 %.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что скорость роста угря, определяемая величиной экологического коэффициента роста, в первой и второй группах соответствовала среднему уровню разрешения (Кэ = 0,52). В третьей группе была близкой к этому уровню (Кэ = 0,4). Средняя масса угря в возрасте 12 мес составила в первой группе 200 г, во второй 138,3 г, в третьей 67 г. Следует признать, что в первых двух группах угорь достиг товарной массы, соответствующей весовому стандарту (150 – 250 г).

Во втором варианте температура воды была на этапе выращивания угря до возраста 12 мес в диапазоне значений 25,3 – 26,0 °С (прилож. 7, рис. 7.40). Содержание растворенного в воде кислорода 7,8 – 10,8 мг/л, рН 6,6 – 7,2, концентрация нитритов 0,22 – 0,52 мг/л. Плотность посадки была, с учетом проводимых сортировок от 0,5 до 1,2 тыс. шт/м³.

Картина в скорости массонакопления, определяемой величиной K_m , была отличной от отмеченной в предыдущем варианте (прилож. 7, рис. 7.41).

Максимальная скорость массонакопления была достигнута в группе рыб с опережающей скоростью роста в августе ($K_m = 0,105$) и декабре (0,081). Минимальное значение K_m было в ноябре (0,035), что можно связать с влиянием сезонного фактора. В группе рыб со средней скоростью массонакопления максимальная скорость роста была в августе – сентябре (0,061 – 0,066), а также декабре (0,071). Снижение скорости массонакопления до минимального значения (0,034) было также в ноябре. В группе рыб, отстающих в росте, максимальная скорость массонакопления была в августе – сентябре (0,061 – 0,066), а также декабре (0,071). Снижение скорости массонакопления до минимального значения (0,034) было также в ноябре. В целом, динамика была сходной во всех размерных группах. Средняя за период скорость массонакопления в первой группе была 0,061, во второй 0,048, в третьей 0,026.

Несмотря на более благоприятный температурный режим, чем в предыдущем варианте, только в группе крупного угря скорость массонакопления была выше (0,061 против 0,053). Во второй (0,048 против 0,053) и третьей (0,026 и 0,041) была ниже. Однако, более интенсивный рост на этапе выращивания посадочного материала и более продолжительный период товарного выращивания определяли более высокие весовые кондиции угря в возрасте 12 мес в первой (311,0 г) и второй (169,0 г) группах. В третьей группе масса рыб была меньше (40,0 г против 69,0 г). Средняя масса по трем группам угря составила 191,2 г. В предыдущем варианте 127,7 г.

Кормление угря проводили производственным кормом Aller Traident. Размер гранул при выращивании рыб до массы 100 г был 1,5 – 2,0 мм, более крупных 3,2 мм. Кратность кормления составляла раз в два часа в течение 12 ч. Суточная доза корма в разных размерных группах была следующей:

10 – 15 г	–	2,4 %
15 – 50 г	–	2,0 %
50 – 150 г	–	1,5 %
150 – 400 г	–	0,7 %

Величина кормового коэффициента отличалась от предыдущего варианта в сторону больших значений (прилож. 7, рис. 7.42), что говорит в пользу специализированной рецептуры Aller ivory.

Выживаемость угря за 9 мес выращивания составила в группе крупного угря 100 %, в группе рыб со средней скоростью роста 100 %, в группе мелкого угря 96,2 %.

Как и в предыдущем варианте угорь в первой и второй группах достиг массы весового стандарта (150 – 250 г) и даже превысил его. Доля мелкого угря составила в данном варианте 18 % против 30 % в первом.

Дальнейшее выращивание угря до возраста 18 и 22 мес проводили при плотности посадки 0,3 – 0,4 тыс.шт/м³. Температура воды изменялась в диапазоне значений 25,0 – 26,5 °С. Содержание растворенного кислорода была в диапазоне значений 7,2 – 10,5 мг/л, рН 6,5 – 7,2. Концентрация нитритов от 0,32 до 0,6 мг/л.

В течение шести месяцев выращивания максимальная скорость массонакопления была в июле, когда в группах крупного и среднеразмерного угря величина Км составила 0,062. В отдельные месяцы в группе мелкого угря снижалась до 0,003 – 0,006. Средняя за период выращивания величина Км в группе крупного угря составила 0,033, в группе среднеразмерного угря 0,024, в группе мелкого угря 0,008. Отмечено снижение скорости массонакопления в отмеченный период по сравнению с предыдущим. Конечная масса угря в первой группе составила 650,0 г, во второй 330,0 г, в третьей 58,0 г. Средняя по всем группам 428,4 г.

В последующие 4 мес выращивания скорость массонакопления стабилизировалась в диапазоне значений в первой и второй группах от 0,015 до 0,042. В группе мелкого угря отмечена тенденция увеличения скорости массонакопления от 0,003 до 0,042 (прилож. 7, рис. 7.41). Средняя на этапе скорость массонакопления составила в первой группе 0,025, во второй 0,035, в третьей 0,023. Средняя скорость массонакопления за период товарного выращивания составила по группе крупного угря 0,041, среднеразмерного – 0,039, мелкого – 0,021. Конечная масса товарного угря в возрасте 22 мес составила в первой группе 974 г, во второй 653 г, в третьей 126 г. Средняя по всем группам 713,6 г.

Кормление на этом этапе проводили гранулами диаметром 3,2 мм. При достижении массы более 600 г – диаметром 4,5 мм. Суточная доза корма составляла в соответствии с размером рыб:

150 – 400 г	–	0,7 %
400 – 600 г	–	0,7 %
600 – 1000 г	–	0,5 %

Выживаемость угря в первой и второй группе была 100 %, в третьей 99,0 %.

На основании полученных данных можно рекомендовать установление на этапе выращивания угря до массы 100 – 150 г плотности посадки 0,5 – 1,0 тыс.шт/м³. Далее при выращивании угря до более высокой товарной массы (400 – 700 г) плотность посадки снижать до 0,3 – 0,4 тыс.шт/м³.

Выживаемость рыб на первом этапе не должна быть ниже 90 %, на следующих в группах крупного и среднеразмерного угря близка к 100 % с учетом доли мелкого угря в размерной структуре генерации средняя величина 99 %.

Следует отметить, что при выращивании товарного угря ростовая потенция у рыб раскрывается в группах крупного и среднеразмерного угря на среднем уровне разрешения.

Полученные в ходе исследований и апробированные на практике результаты положены в основу «Рыбоводно-биологических показателей выращивания угря в УЗВ» (прилож. 7, табл. 7.9).

8.1.6 Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss* W.)

Радужная форель за 140 лет освоения в качестве объекта разведения и выращивания показала высокую лабильность к действующим факторам в пределах допустимых значений, опосредованную в уровне раскрытия ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции [391, 392]. В еще большей степени это проявляется и закрепляется в результате селекционной работе и создания высокопродуктивных пород [243, 372].

Несомненно, также и то, что в условиях управления температурным режимом в УЗВ, увеличение общего теплового баланса должно способствовать разрешению биологической потенции у радужной форели на более высоком уровне. Это подтверждено для этапов выращивания посадочного материала и товарной рыбы [218, 221, 222, 223, 225, 444]. Однако, в отечественной практике и научных исследованиях из сферы интересов до настоящего времени выпадал важный этап, соответствующий полноциклическому характеру формирования и эксплуатацию ремонтно-маточных стад форели в УЗВ.

8.1.6.1 Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада радужной форели

Использование в качестве исходного материала гибридной формы форели, прошедшей длительных период освоения в условиях садкового хозяйства, адаптированной к переменному режиму температуры воды и других абиотических факторов, позволяет говорить о доместикации ее в специфических условиях УЗВ [224, 225, 319, 327, 425, 446, 455, 464].

Режим выращивания ремонтно-маточного поголовья радужной форели предусматривал смену периода нагула при температуре выше 10 °С на период «искусственной зимовки», когда при низкой температуре воды завершается процесс вителлогенеза, а зрелость половых продуктов приближается к пятой стадии.

То, что условия содержания форели в УЗВ на всех этапах были удовлетворительными подтверждают данные о насыщении воды кислородом около 100% и более, рН в диапазоне значений от 6,5 до 7,5, концентрации самой токсичной формы нитритов до 0,28 мг/л (большую часть периодов до 0,2 мг/л). Реализации ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции способствовала плотность посадки мальков до 150 шт/м², молоди до 100 шт/м², ремонта до 50 шт/м², производителей массой 1 – 2 кг до 25 шт/м². Таким образом, величина рыбопродукции не превышала 40 кг/м² при уровне воды 1 м.

Интенсивному росту ремонта и производителей соответствовал качественный состав кормов. Содержание белка в стартовом корме доходило до 55 %, жира до 12 %, в продукционном

корме до 49 и 14 %, соответствовало, в репродукционном до 52 и 15 %. Ранее еще в первых отечественных и репродукционных кормах было установлено близкое к указанному соотношение белка и жира [57, 73], соотносимое к норме физиологического состояния рыб и качества формируемых половых продуктов.

Изменение величины кормового коэффициента соответствовало возрастным отличиям выращиваемых рыб, согласующимся с особенностями в развитии половой системы (прилож. 7, рис. 7.43, 7.44) Наименьшие значения кормового коэффициента закономерно отмечены на этапе выращивания ювенильных рыб до ноября (К/к до 1,0). Затем значения кормового коэффициента возрастали, что объективно можно было связать с отвлечением определенной части энергии питательных веществ корма на генеративный обмен. Подтверждением тому было появление вторичных половых признаков у самцов по достижении в январе – феврале массы более 500 – 600 г. В то же время, максимальная величина коэффициента (1,5), зафиксированная в период «искусственной зимовки» и нерестового содержания, говорит об эффективном распределении энергии питательных веществ в организме половозрелых рыб.

Максимальные значения скорости массонакопления отмечали на этапе выращивания трех генераций ремонтного до достижения массы 400 – 500 г. Значения показателя достигали 0,12 – 0,17. На втором этапе до достижения полового созревания 0,05 – 0,07. Минимальные значения соответственно, 0,012 – 0,02 (прилож. 7, рис. 7.45). Средняя скорость массонакопления за весь период выращивания ремонтно-маточного стада в разрезе трех генераций составила 0,048 – 0,055.

Возраст созревания первой и второй генерации производителей составил 22 – 24 мес, третьей 19 – 21 мес. Продуктивные качества производителей впервые созревших в условиях УЗВ были достаточно высокими. При этом прослеживается тенденция увеличения у рыб размерно-весовых показателей, количества и качества половых продуктов в последующих генерациях (табл. 55).

Таблица 55 – Сравнительный анализ репродуктивных особенностей производителей форели

Показатели	Первая генерация	Вторая генерация	Третья генерация
Возраст наступления полового созревания, мес	22-24	22-24	19-21
Сроки нереста	февраль – март 2013 г.	январь – март 2015 г.	декабрь 2016 г
Средняя масса самок, г	1379,1±45,4	2192,1±176,6	2540,5±86,8
Средняя масса самцов, г	1104,5±22,4	1968,4±140,1	1679,5±86,3
Рабочая плодовитость, шт	2107,1±337,0	2308,0±267,6	3273,3±88,0
Относительная рабочая плодовитость, шт/кг	1405,7±97,0	1121,1±67,3	1423,3±55,9

Средний диаметр набухших икринок, мм	4,28±0,06	4,38±0,05	4,4±0,03
Процент оплодотворения икры, %	92	93 – 95	98
Средний объем эякулята, мл	9,17±0,65	9,33±1,22	11,5±1,6
Среднее время подвижности сперматозоидов, с	45,6±2,07	46,0±3,3	49,3±2,0
Количество накопленных градусо-дней	8217	8700	10201

* первое созревание у 10 % самок и 30 % самцов было в возрасте 12-14 мес

Таким образом, можно признать, что в ходе исследования были получены результаты, подтверждающие возможность формирования маточного стада радужной форели, отличающегося ранним созреванием рыб в возрасте 19 – 24 мес, имеющих высокий размерно-весовой статус и продуцирующих половые продукты хорошего качества, соответствующие впервые созревающим рыбам в традиционных форелевых хозяйствах с естественной термикой воды.

8.1.6.2 Выращивание посадочного материала радужной форели

Как известно, на этапах эмбрионального и личиночного развития доминирующее влияние оказывают наследственные качества. На мальковых этапах большее влияние уже начинают играть внешние факторы, что согласуется с возросшим уровнем развития адаптационной системы [116]. Поэтому при достижении малькового возраста проводят оценку качества производителей.

8.1.6.2.1 Инкубация икры и выдерживание предличинок

В наших исследованиях средняя температура воды несколько превышала (11,7 °С) верхнюю границу диапазона оптимальных значений (6 – 10 °С), отмечаемого в форелевых рыбопитомниках [303, 392, 455]. В результате продолжительность эмбрионального развития составила 292 градусо-дней и закономерно оказалась меньшей (320 – 400 градусо-дней). Однако, относительно высокий фон температуры воды не повлиял на результаты инкубации. Так процент оплодотворения икры, определенный на стадии образования «краевого узелка» превысил 90 % (90,9 – 92,2 %), что соответствует принятому для проточных рыбопитомников нормативу (не менее 90 %). К тому же следует делать корректировку, учитывающую, что в наших исследованиях были впервые созревшие производители. Наиболее качественные половые продукты, как известно, продуцируют средне возрастные производители. В то же время Ю.А. Привезенцев (1981) отмечал, что оптимизация температурного режима, сокращение возраста созревания производителей, достижение высоких размерно-весовых кондиций рыб, позволяют использовать их потомство в селекционно-племенной работе [311].

Выход предличинок форели превышал 80 % (84 – 84,7 %), что в условиях решающего влияния наследственных качеств производителей, подтверждает соответствие абиотических

факторов норме (температура воды, содержание растворенного кислорода, рН, соединения азота и др.). Аналогичную ситуацию отмечали на этапе выдерживания предличинок, проходившем при средней температуре 13 °С, соответствующей оптимальным значениям (12 – 14 °С). При такой температуре воды отмечают постепенное рассасывание желточного мешка и качественное развитие внутренних органов [254, 386, 417]. Отход за период выдерживания составил 96,9 %, что выше нормативной величины (90 – 95%) для открытых рыбоводных систем [300, 303, 307, 392].

8.1.6.2.2 Подращивание и выращивание личинок

Подращивание личинок проходило в диапазоне температуры воды 15 – 16,5 °С, соответствующей рекомендуемой (14 – 16 °С) для открытых рыбоводных систем. Достигнутая за 10 сут подращивания средняя масса личинок 368 мг, с одной стороны, отражает трехкратное увеличение массы тела, с другой стороны, величина общепродукционного коэффициента была относительно низкая (0,024). Этому, на наш взгляд, способствовали продолжающееся совершенствование внутренних органов и адаптация организма личинок к перевариванию искусственного корма и ассимиляции питательных веществ.

Несколько выше (0,032) при сохранении приведенного выше диапазона температуры воды была скорость массонакопления при выращивании личинок. Это подтверждает ранее высказанное мнение о том, что на личиночных этапах имеет место совершенствование жизненных систем организма рыб, настройка на эффективную утилизацию питательных веществ искусственного корма.

8.1.6.2.3 Выращивание посадочного материала форели

Выращивание посадочного материала проводили в диапазоне оптимальной температуры воды (15,0 – 18,2 °С) и высокого содержания кислорода (8,0 – 8,5 мг/л). Таким образом, основные направляющий развитие (рост) рыб и лимитирующий его факторы должны были соответствовать высокому уровню разрешения ростовой и адаптогенной потенции. Этому способствовали величина рН (6,5 – 6,9) и концентрация нитритов (до 0,2 мг/л).

При формировании трех групп выращиваемой молоди (мелкая, средняя, крупная) был апробирован, ранее примененный при выращивании молоди стерляди и клариевого сома метод отсекающей при первой и второй сортировках до 20 – 30 % отстающих в росте мальков. Поскольку дальнейшее выращивание их связано с существенно большим по продолжительности периодом, не эффективным использованием кормов на прирост массы.

Результаты, представленные в табл. 7.10 (прилож. 7), позволяют говорить, во-первых, о возможности в течение 7 месяцев выращивать крупный посадочный материал, по массе близкой к товарным кондициям «порционной» форели (300 – 500 г). Во-вторых, о высокой выживаемости посадочного материала (69,4 – 86,9 %). Лишь в группе «мелкой» форели она была близ-

кой к нормативной величине (70 %). В-третьих, о высокой скорости массонакопления рыб (K_m среднее 0,068 – 0,071) (прилож. 7, рис. 7.46). Если принять величину генетического коэффициента роста (K_g) равной 0,1 [366] и воспользоваться стандартной формулой коэффициента массонакопления:

$$K_m = K_g \times K_z,$$

то экологические факторы (температура воды, насыщение ее кислородом, pH, химический состав воды, биотехника, кормление и др.) способствовали реализации ростовой потенции на 0,68 – 0,71 от максимальной величины 1,0. В-четвертых, высокая скорость роста и жизнестойкость способствовали значимой величине рыбопродукции (80,5 – 109,4 кг/м³). В-пятых, приведенные проявления жизненных функций подтверждают высокое качество производителей форели.

То, что процесс выращивания посадочного материала был эффективным, подтверждают данные о величине кормового коэффициента (прилож. 7, табл. 7.11). Первую половину периода выращивания величина кормового коэффициента было от 0,8 до 0,92. Вторую половину от 1,0 до 1,04.

Таким образом, в условиях УЗВ можно формировать маточные стада радужной форели, продуцирующей качественные половые продукты. Выращивание посадочного материала в условиях управления важнейшими абиотическими и биотическими показателями, позволяет, во-первых, избежать свойственных открытым рыбоводным системам летних повышений температуры воды за границы допустимых значений. Во-вторых, за относительно короткий период достичь посадочным материалом весовых кондиций, близких к товарным. Такой посадочный материал при переводе в открытые рыбоводные системы, минимум на год сократит продолжительность выращивания товарной форели массой более 1,0 кг. Достигнутые результаты в формировании и эксплуатации ремонтно-маточных стад радужной форели учтены в предлагаемых «Рыбоводно-биологических нормативах формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад радужной форели в УЗВ» (прилож. 7, табл. 7.12).

8.2 Полицикличные технологии выращивания рыбы в УЗВ

8.2.1 Режимы эксплуатации маточных стад рыб в УЗВ

Как ранее отмечалось, что в природе встречаются рыбы с единовременным нерестом, порционно-нерестующие и многократно реализующие репродуктивный потенциал в течение года (клариевый сом, тиляпия). Однако, и это также отмечалось ранее, в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) удастся сформировать оптимальный для объектов выращивания температурный режим в течение всего года. В результате сумма градусо-дней, набираемая выращиваемыми рыбами в 2-3 раза может превосходить температурный режим хозяйств с естественной

термикой. Используя современный технический потенциал УЗВ, реально в течение года задавать необходимый температурный режим, соответствующий этапности созревания производителей и реализации репродуктивной функции в заданные сроки. В совокупности, отмеченные особенности формирования температурного режима в УЗВ обосновывают возможность неоднократного нереста не только эволюционно приспособленных к этому, но и одновременно нерестующих рыб.

Например, нами в конце 80-х начале 90-х годов прошлого столетия была показана возможность двухкратного созревания в течение года производителей канального сома [261, 409, 461].

В последние годы установлено, что и в природных условиях, при несколько отличной от обычной термике водоемов, у определенного процента производителей форели может происходить нерест дважды в год. В Адлерском форелевом хозяйстве, где в зимний период водоснабжение бассейнов осуществляется подрусловыми и артезианскими водами, установлено созревание дважды в год у 3-7% производителей. В настоящее время ведутся селекционные работы по закреплению этого свойства и созданию породы форели с двухкратным созреванием производителей в течение года [372]. Учеными ВНИИПРХ на базе опытно-промышленной УЗВ удалось добиться двухкратного созревания части производителей стерляди [148].

Относительно многократного созревания производителей карпа в УЗВ (до 4-6 раз) следует отметить следующее: родительской формой карпа является сазан, который относится к порционно нерестующим рыбам. Длительная domestикация карпа, освоение его как объекта преимущественно прудового рыбоводства, принятая биотехника его разведения привели к тому, что он стал технологически единовременно нерестующим объектом. Однако, практика освоения его как объекта разведения в УЗВ показала, что генетически заложенное свойство к порционному нересту у него сохранилось.

Следует отметить, что у единовременно или порционно-нерестующих рыб, вводимых в рыбохозяйственный оборот на базе УЗВ, отмечается неравное отстояние предыдущего срока созревания производителей от последующего. А это не позволяет полициклической схеме выращивания посадочного материала и товарной рыбы придать строгую структуру с равноотстоящими сроками зарыбления и облова посадочного материала и товарной рыбы. Этого можно добиться, даже не используя способность некоторых объектов аквакультуры созревать в УЗВ неоднократно, если сформировать группы производителей с равноотстоящими сроками созревания.

Это можно показать на примере **стерляди** (прилож. 7, табл. 7.13).

Данная схема эксплуатации маточного стада основана на формировании четырех групп производителей, созревающих в равноотстоящие сроки. Чтобы вывести их на такой режим

эксплуатации формируют 4 группы ремонтного поголовья [275]. Первую группу после сортировки по достижении средней массы 1 г в конце марта. После достижения молодью к началу августа средней массы 35 г ее переводят на режим содержания «искусственная зимовка» продолжительностью 2 мес. Далее в течение 10 мес выращивают в режиме нагула, когда стерлядь достигает средней массы 720 г. Ее переводят на режим второй «искусственной зимовки» продолжительностью 2 мес. После очередного нагула в течение 10 мес стерлядь достигает средней массы 1400 г и проводят третью «искусственную зимовку» продолжительностью 2 мес. Очередной период нагула сменяется четвертой «искусственной зимовкой» продолжительностью 2 мес, после которой от производителей получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада возобновляется.

Вторую группу ремонта переводят в режим первой «искусственной зимовки» в ноябре при достижении средней массы 125 г. После 10 мес нагула к ноябрю следующего года стерлядь достигает средней массы 1200 г. После второй «искусственной зимовки» и следующего периода нагула средней массы 1700 г. После третьей искусственной зимовки у производителей в январе получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада возобновляется. Третью группу ремонта переводят в режим первой «искусственной зимовки» при достижении средней массы 300 г в феврале следующего года. После десятимесячного периода продолжительностью 10 мес, когда стерлядь достигает средней массы 1400 г ее переводят в режим второй «искусственной зимовки». После очередного периода нагула стерлядь достигает средней массы 1900 г, когда ее переводят в режим третьей «искусственной зимовки», после чего у производителей получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада возобновляется. Четвертую группу ремонта переводят в режим «искусственной зимовки» в мае следующего года при достижении средней массы 590 г. После 10 месячного периода нагула стерлядь достигает средней массы 1500 г и ее переводят в режим «искусственной зимовки». К следующей третьей «искусственной зимовке» стерлядь набирает среднюю массу 2100 г и после ее завершения у производителей получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада возобновляется. Таким образом, удастся перейти к получению в течение года в равноотстоящие сроки четырех групп потомства.

Достижению отмеченных результатов способствуют температуры воды в период нагула 18-25 °С, в период искусственной зимовки 7-10 °С, насыщение воды кислородом 80-100 %, величина водородного показателя (рН) 6,5-7,5, статичный режим освещенности (12 ч световая фаза до 100 люкс, 12 ч темновая), плотность посадки при выращивании стерляди до 100 г – 300 шт/м², от 100 до 500 – 100 шт/м², от 500 до 1000 г – 50 шт/м², от 1000 до 1500 г – 30 шт/м², более 1500 г – 15-20 шт/м².

Однако возможности полициклических технологических схем эксплуатации маточных стад стерляди шире. Ориентируясь на приведённое количество групп, можно сократить до двух, что обеспечит получение зрелых половых продуктов 2 раза в год, можно увеличить до шести и получать половые продукты ежемесячно.

Судак

Схема эксплуатации маточного стада судака в режиме полицикла представлена в таблице 7.14 (прилож. 7, табл. 7.14). Она также как у стерляди ориентирована на получение зрелых половых продуктов у производителей четыре раза в год в равноотстоящие сроки [277]. Первую группу ремонта переводят в режим двухмесячной «искусственной зимовки» в сентябре при достижении средней массы 20 г. После 10 месячного периода нагула к началу второй «искусственной зимовки» в сентябре следующего года судак достигает средней массы 660 г. К началу третьей «искусственной зимовки» 1280 г. После ее завершения у производителей судака получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада судака возобновляется. Вторую группу ремонта переводят в режим первой «искусственной зимовки» в декабре при достижении молодью средней массы 110 г. В режим второй «искусственной зимовки» после десятимесячного нагула судака переводят при достижении средней массы 930 г. В режим третьей «искусственной зимовки» при достижении средней массы 1500 г, по завершении которой у производителей получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации производителей возобновляется. Третью группу ремонта переводят в режим двухмесячной «искусственной зимовки» в марте следующего года при достижении средней массы 250 г. После 10 месячного нагула ко второй «искусственной зимовки» судак достигает средней массы 1500 г. По ее завершении у производителей получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада судака возобновляется. Четвертую группу ремонта переводят в режим «искусственной зимовки» в июне следующего года при достижении судаком средней массы 600 г. После 10 месячного нагула ко второй зимовке судак достигает средней массы 1800 г, по завершении которой у производителей получают зрелые половые продукты. Далее годовой цикл эксплуатации маточного стада возобновляется.

Достижению отмеченного результата способствуют температура воды в период нагула 20-22 °С, в период искусственной зимовки 6-10 °С, насыщение воды кислородом не менее 100 %, величина водородного показателя (рН) 6,5-7,5, режим освещенности статичным (световая фаза 12 ч до 70 люкс, темновая 12 ч), плотность посадки при выращивании молоди до 20 г – 1000 шт/м², от 20 до 100 – 500 шт/м², от 100 г до 250 г – 200-300 шт/м², от 250 до 600 г – 100 шт/м², от 600 до 1000 – 60 шт/м², от 1000 г до 1800 г – 40 шт/м², более 1800 г – 20-30 шт/м².

Клариевый сом

Схема эксплуатации маточного стада клариевого сома представлена в таблице 7.15 (прилож. 7). Она ориентирована на ежемесячное получение потомства производителей. Для достижения этой цели достаточно сформировать три группы производителей. Предусмотрена очередность созревания самок с интервалом три месяца, что соответствует формированию у самок очередной генерации икры высокого качества [366, 493].

Первую группу ремонта формируют в январе при достижении молодью средней массы 10 г. В возрасте двух месяцев ремонт достигает средней массы 120 – 150 г, в возрасте трех месяцев 370 – 430 г, в возрасте четырех месяцев 970 – 1050 г, в возрасте пяти месяцев 1250 – 1300 г, в возрасте шести месяцев 1500 – 1600 г, в возрасте семи месяцев 1750 – 1800 г, в возрасте восьми месяцев 2000 – 2100 г. Вторую группу ремонта формируют в феврале при достижении молодью средней массы 10 г далее в возрастных группах фиксируют аналогичные первой группе размеры ремонта и впервые вводимых в эксплуатацию производителей клариевого сома. Третью группу ремонта формируют в марте при достижении молодью средней массы 10 г. Далее в возрастных группах фиксируют аналогичные предыдущим группам размеры ремонта и впервые вводимые в эксплуатацию производителей.

Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды в период нагула 27-29 °С, преднерестовый двухнедельный период 25-27 °С, содержание растворенного в воде кислорода, не менее 2-3 мг/л, величина водородного показателя (рН) 7-8, режим освещения статичный (световая фаза 12 ч до 50 люкс, темновая 12 ч), плотность посадки при выращивании молоди от 1 до 10 г – 2000 шт/м², от 10 до 100 – 1000 шт/м², от 100 до 400 г – 500 шт/м², от 400 до 1000 г – 200-300 шт/м², от 1000 до 1500 г – 150 шт/м², более 1500 г – 50 шт/м².

Канальный сом

Схема эксплуатации маточных стад канального сома в режиме полицикла представлена в таблице 7.16 (прилож. 7). Она ориентирована на получение от производителей зрелых половых продуктов три раза в течение года в равноотстоящие сроки. С учетом шестимесячного межнерестового периода, шестимесячного периода выращивания посадочного материала и шестимесячного периода нагула до товарной массы рыбоводные бассейны в каждой из трех групп, на каждом этапе рыбоводного процесса, будут использоваться двукратно.

В соответствии с апробированными режимами формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад первую группу ремонта начинают формировать из молоди в возрасте 5-6 месяцев со средней массой 50-100 г в декабре. В ноябре следующего года созревают до 20-30 % производителей, достигших средней массы 1000-1200 г. Через 6 месяцев в мае следующего года созревают все производители, средняя масса которых достигает 1700-1800 г. Искусственная зимовка продолжительностью 53 сут, из которых адаптация к низкой температуре воды 18 °С и высокой 23-25 °С суммарно составляет 13 сут. Проводится как на первом, так и втором этапе

выращивания ремонтно-маточного стада, что соответствует проработанной нами схеме формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада канального сома [254]. Но если на первом этапе общая продолжительность составляет около 330 сут и включает выращивание ремонта (90-120 сут), выращивание старшевозрастного ремонта (60 сут), «искусственную зимовку» и последующий нагул (105 сут), преднерестовое содержание (45 сут), то межнерестовое содержание предполагает нагул в течение 80 сут, вторую «искусственную зимовку» (53 сут), преднерестовое содержание (45 ст) и гормональное стимулирование (2 сут). Второе созревание всех производителей отмечают в ноябре, когда их средняя масса достигает 2580-2780 г. Далее воспроизводительные циклы возобновляется через последующие 6 месячные периоды. Вторую группу ремонта начинают формировать в январе, через месяц после первой из молоди средней массой около 100 г. Первое созревание части производителей отмечают в январе следующего года. Созревание всех производителей в июле через 6 мес при достижении средней массы 1850 – 1950 г. Второе созревание всех производителей в январе следующего года через следующие 6 мес при достижении средней массы 2800 – 3000 г. Далее воспроизводительные циклы возобновляются через последующие 6 месячные периоды. Третью группу ремонта начинают формировать в феврале, через месяц после второй из молоди средней массой около 150 г. Первое созревание части производителей ожидается в марте следующего года, созревание всех производителей через 6 мес в сентябре при достижении рыбами средней массы 2000 – 2250 г. Второе созревание всех производителей в марте следующего года через следующие 6 мес при достижении рыбами средней массы 2990-3250 г. Далее воспроизводительные циклы возобновляются через последующие 6 месячные периоды.

Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды в периоды нагула 25-27 °С, искусственной зимовки 18 °С, последующего кратковременного нагула 23-25 °С, нереста 25-27 °С. Насыщение воды кислородом целесообразно 90-100 % (8-9 мг/л), рН 6,5-7,5, световой режим статичный, освещенность до 100 люкс. Плотность посадки на этапе выращивания ремонтного поголовья 500 шт/м³, на этапе выращивания старшевозрастного ремонта – впервые созревающих производителей 25-50 шт/м³, на этапе «искусственной зимовки» 25 шт/м³, последующего кратковременного нагула, преднерестового содержания, а также межнерестового нагула 10-15 шт/м³.

Данная полициклическая схема эксплуатации маточных стад канального сома позволяет получать поколения потомства в равноотстоящие сроки. Соответственно этому выращивать три поколения товарной рыбы.

Приводимые полициклические технологические схемы эксплуатации маточных стад стерляди, судака, клариевого и канального сома ориентированы на установление равноотстоящих

сроков получения зрелых половых продуктов и и кратное им получение продукции посадочного материала и товарной рыбы в течение года.

8.2.2 Режимы выращивания посадочного материала в УЗВ

При построении технологических схем выращивания посадочного материала стерляди, судака, клариевого, канального сома целесообразно учитывать начальные размерно-весовые кондиции молоди – мальков со средней массой 1 г. Причина этого объективно связана с вынесением за границу учитываемого периода выращивания инкубацию икры, выдерживание предличинок, подращивание и выращивание личинок до достижения средней массы 1 г. Во-первых, продолжительность перечисленных этапов у указанных видов рыб разная. Во-вторых, на этих этапах происходит настройка пищеварительной системы у молоди на ассимиляцию питательных веществ искусственных кормов на стабильном уровне. В-третьих, при достижении указанной массы на развитие и рост молоди ввиду формирования адаптационных механизмов, решающее влияние начинают оказывать не внутренние (наследственные), а внешние (абиотические и биотические) факторы. В результате молодь становится способной адекватно реагировать на изменение этих факторов. Результаты последующего выращивания посадочного материала становятся в большей степени гарантированы по продолжительности технологического цикла, достигаемой конечной массы молоди, выживаемости, величине рыбопродукции.

Обоснованный ранее полицикличный режим эксплуатации маточных стад перечисленных выше видов рыб определяет соответствующий алгоритм выращивания посадочного материала.

Стерлядь

При учете сроков получения половых продуктов, указанных в табл. 7.17 (прилож. 7) алгоритм выращивания посадочного материала предусматривает, что в следующий после получения зрелых половых продуктов, инкубации икры, выдерживания предличинок месяц молодь достигает гарантировано средней массы 1 г. Поэтому в первой группе молоди, потомства производителей первой группы, первый месяц выращивания приходится на ноябрь, во второй на февраль, в третьей на май в четвертый на август. Таким образом, формируется полициклическая схема получения четырех групп посадочного материала стерляди в равноотстоящие сроки.

Продолжительность выращивания посадочного материала в каждой группе определяется той конечной массой товарной рыбы, которую предполагается достичь. Здесь предлагаются две обоснованные полициклические схемы выращивания посадочного материала.

Первая ориентирована на четырехмесячный цикл выращивания посадочного материала в каждой группе до средней массы 100-110 г (прилож. 7, табл. 7.17). В первой группе после сортировки молоди по достижении средней массы 1 г ее рассаживают на выращивание, преследуя цель достижения к концу первого месяца (30.01) средней массы 15 г, второго (31.12) 35 г, третьего 65 г (31.01 следующего года), четвертого (28.02) 100-110 г. Выращенная молодь в каче-

стве посадочного материала переводится в бассейны товарного подразделения. В освободившиеся высаживают на выращивание генерацию мальков массой 1 г, потомства второй группы производителей. При этом высаживают мальков, когда в первой группе проходят 3 месяца выращивания молоди. Это обосновывает наличие в структуре бассейнового фонда двух типов бассейнов. Первый – бассейны размеров 2,0(4,0)×0,7(1,0)×0,6(0,8) м (прямоточные) или 1,5(2,0)×1,5(2,0)×0,6(0,8) м (квадратные) для молоди массой от 1 до 30 г, когда проводят частые сортировки. Второй – бассейны размером 3,5(4,0)×2,0×1,0 м или 3,0(4,0)×3,0(4,0)×1,0 м для более крупной молоди. Через четыре месяца выращивания посадочный материал достигает средней массы 100-110 г и его пересаживают в бассейны товарного подразделения. В освободившиеся бассейны питомного подразделения высаживают генерацию 1 г мальков, потомства третьей группы производителей. Через очередные 4 месяца выращивания эту генерацию посадочного материала замещают следующей генерацией 1 г мальков, потомства четвертой группы производителей. Далее в соответствии с графиком эксплуатации маточных стад в режиме полицикла в каждой группе выращивание посадочного материала возобновляется.

Таким образом, в течение календарного года последовательно выращивают четыре группы посадочного материала, задействуя одну группу бассейнов. Достижению отмеченных результатов способствуют: температура воды в период инкубации икры 15-17 °С, выдерживания предличинок 20-22 °С, выращивания молоди 22-25 °С; насыщение воды кислородом в период инкубации, выдерживания предличинок, подращивания личинок около 100 %, на последующих этапах 100-150 %: рН 6,5-7,5; содержание свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2 мг/л, нитратов до 50-100 мг/л; плотность посадки личинок до 3 тыс. шт/м² при уровне воды 0,2-0,3 м, 1 г мальков 500 шт/м² при уровне воды 0,4-0,5 м, 20-30 г мальков 300 шт/м³ при уровне воды 0,6-0,8 м; режим освещения статичный (12 ч световая фаза, 12 ч темновая). Освещенность до 100 люкс.

Вторая полициклическая схема ориентирована на шестимесячный цикл выращивания посадочного материала в каждой из четырех групп (прилож. 7, табл. 7.18). В зависимости от планируемой конечной массы товарной рыбы предлагаются два алгоритма выращивания посадочного материала. Первый ориентирован на выращивание молоди до массы около 75-100 г, второй 125-150 г [271]. Определяющим фактором скорости роста молоди является плотность посадки. По первому алгоритму по достижении средней массы 1 г устанавливается плотность посадки 1000 шт/м². По достижении средней массы 20 г снижается до 500 шт/м². По второму, соответственно, 750 шт/м² и 350 шт/м². Абиотические показатели соответствуют ранее приведенным.

Ориентируясь на график эксплуатации производителей посадочный материал первой группы выращивают с ноября по апрель. Описанную ранее структуру бассейнового фонда це-

лесообразно сохранить. По завершении цикла выращивания в освободившиеся бассейны высаживают 1 г мальков, потомства третьей группы производителей. Период выращивания этой группы молоди с мая по октябрь, когда ее пересаживают в бассейны товарного подразделения. В освободившиеся бассейны питомного подразделения высаживают следующую генерацию мальков, потомства производителей первой группы. Аналогичная ротация генераций молоди проходит между второй и четвертой группами. Таким образом, удастся задействовать в течение года 2 группы бассейнов вместо четырех, соответствующих количеству групп выращиваемой молоди. По первой схеме суммарная годовая продукция посадочного материала составляет 100 кг/м³ бассейна, по второй 125-135 кг/м³.

Судак

В соответствии с обоснованной ранее схемой эксплуатации маточных стад судака в УЗВ может быть рассмотрена полициклическая схема выращивания посадочного материала судака [272]. Реализация режима выращивания молоди судака достигается в результате последовательного использования потомства от 4 групп производителей (прилож. 7, табл. 7.19). При ориентации на отмеченный режим созревания производителей в равноотстоящие сроки первый месяц в первой группе выращивания личинок приходится на декабрь. Этот месяц является продолжением предыдущего, когда первая группа производителей поступательно, с учетом численного представительства, реализует репродуктивный потенциал. Соответственно, в это время в определенной степени реализуется ростовая и адаптогенная потенция у личинок. Размеру, поведенческим особенностям личинок в первый месяц выращивания соответствуют конструктивные особенности применяемых бассейнов. Со второго месяца целесообразным становится перевод личинок в мальковые бассейны, отличающиеся большими размерами. Весь цикл выращивания посадочного материала до достижения средней массы 20 г реализуется за 4 мес. Однако, учитывая целесообразность использования двух типов бассейнов, а также то, что задействование первого предусматривает один месяц эксплуатации, то посадка в него личинок, потомства второй группы производителей проводится не через 4, а через 3 мес (конец февраля – начало марта следующего года) после начала выращивания молоди в первой группе. Соответственно личинок третьей группы в конце мая – начале июня, четвертой группы в конце августа – начале сентября. Завершение технологического цикла в первой группе будет приходиться на конец марта, во второй на конец июня, в третьей на конец сентября, в четвертой на конец декабря.

Данная схема выращивания посадочного материала ориентирована на обычные сроки получение потомства судака (апрель – май) от первых генераций производителей, что согласуется с его экологическими особенностями, а также с учетом начального этапа формирования маточного стада судака в УЗВ [278]. Выращивание посадочного материала до массы 20 г предпо-

лагает использование одной группы разноразмерных бассейнов 4 раза в год и суммарную годовую рыбопродукцию 80кг/м³.

Дальнейшая domestикация судака в УЗВ позволит сформировать иной временной график получения и выращивания потомства. Так как это предполагалось осуществить в проекте промышленной УЗВ, который разрабатывало ООО «КМП Аква» (прилож. 7, табл. 7.20).

В каждой выделенной группе предполагалось наличие двух генераций производителей, отстоящих по срокам созревания на 6 мес. Расчетный алгоритм был ориентирован на мощность будущего производства 360 т товарного судака средней массой 500 г. Для достижения такого результата необходимо ежемесячно выращивать 5,9 т посадочного материала средней массой 90 г, в целом, за год 70,8 т.

Клариевый сом

Возможность получения через каждые 3 месяца очередной партии качественной икры у самок клариевого сома, постоянное наличие сперматозоидов в семенниках самцов в течение года определяют разнообразие полициклических технологий выращивания посадочного материала. Опираясь на первый опыт выращивания посадочного материала клариевого сома при нестабильном температурном режиме (21-25 °С), высокой плотности посадки (50 тыс. шт/м³) в начале и 20-25 тыс. шт/м³ в конце четырехмесячного цикла была установлена возможность выращивания молоди средней массой 10 г. Товарной массы 500 г сом достиг через 4 месяца в условиях сходного температурного режима и плотности посадки 1,5 тыс. шт/м³ в начале и 1 тыс. шт/м³ в конце выращивания [366, 443, 450, 493]. При этом как при выращивании посадочного материала, так и товарной рыбы были выделены 3 группы рыб, отличающиеся по срокам получения потомства. В каждой группе выделялись 4 цикла. В первой группе каждый цикл соответствовал определенному времени получения потомства, соответственно, февраль, март, апрель, май. Ориентируясь на имеющуюся площадь помещения, позволяющую разместить до 60 м² бассейнов, придерживаясь алгоритма расчетов, учитывающего плотность посадки и выживаемость молоди, был составлен алгоритм выращивания 18 т посадочного материала в течение календарного года, позволяющего в перспективе выращивать до 720 т товарного сома средней массой 500 г [450].

Однако, оперируя близким к оптимальному (25-29 °С) температурному режиму, изменяя плотности посадки, появляется возможность улучшить технологию выращивания посадочного материала клариевого сома как в части сокращения сроков выращивания, так и повышения весовых кондиций молоди.

Одна из таких технологических схем, разработанных на основании проведенных исследований, в рамках подготовки проекта рыбоводного предприятия ООО «КМПАква», предполагала выращивание товарного сома средней массой 2000 г. В соответствии с этим посадочным

материалом рассматривались рыбы средней массой 1000 г. Период выращивания посадочного материала разделен на 2 этапа. Первый предполагает выращивание в течение четырех месяцев молоди средней массой 200 г (прилож. 7, табл. 7.21-7.23). Второй – выращивание в течение следующих четырех месяцев до массы 1000 г (прилож. 7, табл. 7.24-7.26).

На первом этапе плотность посадки, установленная в начале первого месяца выращивания 7 тыс. шт/м² снижается до 2,7 тыс.шт/м² в четвертый в результате каннибализма, сортировок и иных причин. В течение года каждая генерация производителей последовательно реализует воспроизводительный потенциал 3 раза. Наличие в каждой группе четырех генераций, соответствующих выделяемым циклам, позволит ежемесячно выращивать 3,7 т молоди. Наличие трех групп обеспечит получение в течение года ежемесячно 11,1 т, в целом за календарный год 133,2 т молоди средней массой 200 г.

На втором этапе сохраняется такая же возрастная структура генераций выращиваемого посадочного материала, нацеленная на ежемесячное получение 46,5 т сома средней массой 1000 г, в целом за год 558 т. Реализации ростовой и адаптогенной потенции способствуют плотность посадки 405 шт/м² в начале и 380 шт/м² в конце выращивания, а также температура воды, как и на первом этапе 25-27 °С. При пересчете общей годовой рыбопродукции посадочного материала на использованную площадь бассейнов на первом этапе она составит 1620 кг/м², на втором 1140 кг/м³.

Достижению полученных результатов способствуют ежесуточная подпитка воды 10-20 %. Уровень воды при выращивании молоди до массы 10 г 0,3-0,5 м, далее при уровне воды 0,8-1,0 м, водообмен 1 раз/ч, концентрации свободного аммиака и аммония до 3-4 мг/л, нитритов до 1,5-2 мг/л, нитратов до 500-800 мг/л, величина водородного показателя 7-8. На этапе выращивания личинок до массы 1 г требования к качеству воды более жесткие: рН 6,5-7,5, концентрация свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,5 мг/л, нитратов до 100 мг/л.

Канальный сом

При ориентации на сроки созревания производителей канального сома (прилож. 7, табл. 7.27) в первой группе в мае достижение средней массы молоди 1 г следует ожидать к началу июля, во второй группе к началу сентября, в третьей к началу октября. Далее в каждой группе предлагается шестимесячный цикл выращивания посадочного материала до средней массы 110 г. Учитывая шестимесячный интервал между последующими созреваниями производителей такой же интервал предусматривается между последующими генерациями посадочного материала в каждой группе.

Такая схема формирования групп посадочного материала объективно определяет выбор трех групп бассейнов, отличающихся размером. Меньшего, обусловленного высокой плотностью посадки и частотой сортировки в первые два месяца выращивания молоди. Целесообразно

ный размер прямоугольных бассейнов 2,0(4,0)×0,7(1,0)×0,5(0,7) м, квадратных 1,0(1,5)×1,0(1,5)×0,6(0,8) м. В 3-4 месяца выращивания целесообразны квадратные бассейны среднего размера 2,0(2,5)×2,0(2,5)×1,0 м. В последние 2 месяца квадратные бассейны размером 3,0(5,0)×3,0(5,0)×1,2 м.

В соответствии с наличием трех групп бассейнов предусматривается ротация в них молоди по мере увеличения ее размеров. Это, в свою очередь, предполагает использование одних и тех же бассейнов для выращивания посадочного материала. Так после завершения первых двух месяцев выращивания молоди в первой группе в малых бассейнах она переводится в бассейны среднего размера. На её место высаживается 1 г молодь второй группы. После завершения следующих двух месяцев выращивания молоди первой группы в бассейнах среднего размера она переводится в бассейны большего размера, а на её место высаживается молодь второй группы после первых двух месяцев выращивания. Соответственно на её место в малые бассейны высаживается молодь массой 1 г третьей группы. Далее ротация в группах продолжается.

При последующих возобновлениях циклов выращивания посадочного материала в каждой группе достигается общий эффект использования бассейнов, во – первых, в каждой группе потомство от одних и тех же самок получают два раза в год, что обеспечивает двухкратную загрузку бассейнов посадочным материалом. Во-вторых, ротация размерных групп в генерациях молоди последовательно в трех типах бассейнов обеспечивает общий эффект шестикратного в течение года использования бассейнов и годовую рыбопродукцию 330 кг/м³.

При дальнейшей селекционной работе и формирования групп производителей, реализующих воспроизводительную потенцию с большей частотой, но в равноотстоящие сроки возможны и другие алгоритмы выращивания посадочного материала канального сома. Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды 25-28 °С, насыщения воды кислородом не менее 100 %, рН 6,5-7,5, концентрации свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2-0,4 мг/л, нитратов до 50-70 мг/л, плотности посадки на этапе выращивания молоди от 1 до 5 г 15-16 тыс.шт/м³, от 5 до 12 г – 3-3,5 тыс.шт/м³, от 12 до 30 г – 1-1,5 тыс.шт/м³, от 30 до 110 г – 0,5 тыс.шт/м³.

8.2.4 Режимы выращивания товарной рыбы

Стерлядь

В соответствии с обоснованными алгоритмами эксплуатации маточных стад и посадочного материала следует рассматривать два алгоритма выращивания товарной стерляди. Первый ориентирован на выращивание в течение 4 месяцев товарной стерляди массой 300-500 г. Посадочный материал массой 100-110 г выращен также в течение 4 мес. При получении потомства

производителей 4 раза в течение года в равноотстоящие сроки при выращивании товарной стерляди также выделяются 4 группы стерляди.

В первой группе посадочный материал высаживается на выращивание в марте, во второй в июне, в третьей в сентябре, в четвертой в декабре. Возобновление циклов в каждой группе через 8 месяцев. Четырехмесячный цикл выращивания товарной стерляди до массы 300-500 г, как следует из данных табл. 7.28 (прилож. 7) имеет одну особенность, связанную с наличием бассейнов, специализированных на выращивание в первый месяц молоди, когда посадочный материал адаптируют к режиму товарного производства: уровень воды, более высокая плотность посадки, завершающая сортировка: 1,0 м, 300-350 шт/м², 2-3 размерные группы, соответственно. Процесс адаптации предполагает сокращение кратности кормления с 3-4 до 2-3, увеличение размера гранул с 2-3,2 мм до 3,2-4,5 мм. Данная группа бассейнов выделяется в одну технологическую линию, обслуживающую последовательно 4 группы рыб.

Еще одним назначением этой группы бассейнов является доращивание в течение 1-2 месяцев отстающих в росте рыб до размерных кондиций рыб, опережающих в росте. Бассейны, используемые в каждой группе рыб в последующие 3 месяца согласно алгоритма последовательно выстраиваются в единую технологическую линию, что предполагает четырех кратное использование их в течение календарного года.

Плотность посадки после завершающей в конце первого месяца сортировки устанавливается для рыб со средними и высокими размерными характеристиками 200-250 шт/м². Достижению товарных кондиций стерляди, выращиваемой в режиме полицикла в соответствии с рассмотренным алгоритмом также способствуют температура воды 20-25 °С, рН 6,5-7,5, насыщение воды кислородом 100-150 %, концентрации свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2-0,4 мг/л, нитратов до 100 мг/л, водообмен 1 раз/ч, статичный фотопериод, освещенности до 100 люкс.

Второй алгоритм предусматривает шестимесячный цикл выращивания товарной стерляди [270, 274], которому предшествует такой же по продолжительности цикл выращивания посадочного материала в каждой из четырех групп рыб. Согласно этого алгоритма посадочный материал высаживается на нагул в первой группе в мае, во второй в августе, в третьей в ноябре текущего года, в четвертой в феврале следующего года. Возобновление выращивания в последующих циклах в каждой группе с таким же градиентом смещения происходит через 6 мес.

Реализация данного алгоритма возможна в двух вариантах. Первый, предусматривающий зарыбление бассейнов 100 г посадочным материалом и достижение лидирующей группой товарной массы 500 г уже к концу третьего месяца выращивания. Это предполагает в последующие три месяца последовательное выращивание рыбы, когда она достигает массы 500-800 г.

Реализации скорости роста, обеспечивающей достижение указанной массы способствует установление при посадке плотности посадки 200-250 шт/м² (прилож. 7, табл. 7.29).

Данный алгоритм предусматривает после реализации товарной рыбы в первой группе посадку в освободившиеся бассейны посадочного материала третьей группы. Через очередные шесть месяцев предусматривается ротация посадочного материала первой группы. Аналогичная смена генераций товарной рыбы и посадочного материала предусмотрена для рыб второй и четвертой групп.

Таким образом, при наличии четырех групп стерляди на этапе товарного выращивания фактически используются две группы бассейнов. Достижению конечных результатов товарного выращивания в режиме полицикла способствуют температура воды 18-25 °С, насыщение воды кислородом 100-150 %, рН 6,5-7,5, концентрации свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2-0,4 мг/л, нитратов до 100 мг/л, водообмен 1 раз/час, статичный фотопериод, освещенность до 100 люкс.

Второй вариант предусматривает зарыбление бассейнов посадочным материалом массой 125-150 г с плотностью посадки 100-125 шт/м² и достижение товарной массы 800-1000 г. При этом начало реализации товарной рыбы из лидирующих в росте рыб так же как в предыдущем варианте начинают с четвертого месяца выращивания. Последовательная реализация товарной рыбы, как и в первом варианте предусматривает снижение плотности посадки к пятому месяцу выращивания до 160-200 шт/м² в первом варианте, 80-100 шт/м² во втором, к шестому месяцу до 80-100 шт/м² в первом и 60-75 шт/м² во втором.

Достижению конечных результатов также способствуют температура воды в первом варианте 18-25 °С, во втором 20-25 °С, рН 6,5-7,5, концентрации свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2-0,4 мг/л, нитратов до 100 мг/л, водообмен 1 раз/час, статичный фотопериод, освещенность до 100 люкс.

По первому алгоритму суммарная годовая рыбопродукция составит 300 кг/м³, по второму в первом варианте 250-300 кг/м³, во втором 180 кг/м³.

Стерлядь является продуцентом не только ценного «белого» мяса, но и пищевой «черной» икры. С учетом ежегодного созревания производителей стерляди в УЗВ и возможности эксплуатации маточного стада в режиме полицикла, а также наличие в каждой генерации производителей самок, имеющих на начало нерестового периода разную величину коэффициента поляризации яйцеклеток, представляется возможным круглогодичное получение икры для изготовления пищевой продукции [270].

Судак

С ориентацией на обоснованный ранее алгоритм выращивания посадочного материала судака (прилож. 7, табл. 7.30), выстраивается алгоритм выращивания товарного судака, кото-

рый состоит из двух этапов. Первый, когда судак за 6 мес выращивания достигает средней массы 300 г. Второй, когда за следующие 6 месяцев выращивают товарную рыбу массой 800-1000 г (прилож. 7, табл. 7.31). Обоснованность выбора такой схемы выращивания подтверждается величиной коэффициента массонакопления на последовательных этапах выращивания. Они составляют на этапе выращивания посадочного материала 0,064, на первом этапе товарного выращивания до 300 г – 0,066, на втором этапе выращивания до 800-1000 г – 0,043-0,055, соответственно. Что соответствует уровню разрешения ростовой потенции на среднем уровне [172, 366, 449, 456], а также подтверждено данными экспериментов и промышленной апробации технологии разведения и выращивания судака [93, 95, 321-323].

Согласно алгоритма товарного выращивания судака в режиме полицикла на первом этапе посадка посадочного материала в бассейны в первой группе проходит в апреле, во второй в июне, в третьей в октябре, в четвертой в январе следующего года. Соответственно, завершение цикла выращивания в первой группе в сентябре, во второй в декабре, в третьей в марте следующего года, в четвертой в июне. Далее цикл выращивания товарного судака в каждой группе на первом этапе возобновляется. При этом бассейны используются в течение календарного года дважды при ротации генераций судака в первой и третьей группах, второй и четвертой группах.

На втором этапе посадка 300 г судак в бассейны проводится в первой группе в октябре, во второй в январе следующего года, в третьей в апреле, в четвертой в июле. Соответственно, завершение выращивания товарной рыбы проводится в первой группе в марте следующего года, во второй в июне, в третьей в сентябре, в четвертой в декабре. Далее цикл выращивания в каждой группе возобновляется. Использование бассейнов, как и на первом этапе двухкратное в течение года [273]. Как и при освоении способа выращивания товарной стерляди до массы 800-1000 г, реализацию товарного судака целесообразно начинать в каждой группе на четвертом месяце выращивания среди рыб с опережающим ростом, массой не менее 800 г.

Последовательная реализация товарного судака позволит снизить плотность посадки рыб к пятому месяцу до 160-200 шт/м², к шестому до 60-75 шт/м². Разрежение плотности посадки будет способствовать созданию более благоприятных условий для разрешения ростовой потенции у остающихся на выращивание рыб. Плотность посадки судака на первом этапе товарного выращивания 220-280 шт/м²⁽³⁾, уровень воды 1,0 м, на втором 200-250 шт/м².

Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды 21-24 °С, насыщение воды кислородом 100-150 %, рН 6,5-7,5, концентрации свободного аммиака и аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2-0,4 мг/л, нитратов до 100 мг/л, водообмена 1 раз/час, статичный фотопериод, освещенность до 70 люкс.

Суммарная годовая продукция по товарному судаку составит 400 кг/м³.

Дальнейшая domestикация судака в УЗВ и проведение селекционной работы позволит выстраивать иные, более эффективные полицикличные технологические схемы товарного выращивания судака так, как это предполагалось осуществить в упомянутом ранее проекте промышленной УЗВ, оговаривающую товарную массу 500 г (прилож. 7, табл. 7.32, 7.33).

Клариевый сом

С ориентацией на ранее обоснованный алгоритм выращивания посадочного материала клариевого сома до массы 1000 г выстраивается алгоритм выращивания товарного сома средней массой 2000 г (прилож. 7, табл. 7.34-7.36). При сохранении структуры, принятой на предыдущих этапах, в каждом цикле (12 в течение года) предусматривается наличие четырех групп, высаживаемых в бассейны с интервалом 1 мес. Так 1-4 циклы предполагают посадку посадочного материала на выращивание в январе, феврале, марте, апреле. Посадка второй генерации в мае, июне, июле, августа. Третьей в сентябре, октябре, ноябре, декабре. 5-8 циклы предполагают первую посадку на товарное выращивание в мае, июне, июле, августа. Вторую в сентябре, октябре, ноябре, декабре. Третью в январе, феврале, марте, апреле. 9-12 циклы, соответственно, в сентябре, октябре, ноябре, декабре, январе, феврале, марте, апреле, июне, июле, августе.

В условиях принятой цикличности в каждой группе одни и те же бассейны используются три раза в год.

В соответствии с предложенной проработкой технологической части проекта ежемесячный объем выращивания товарного сома составляет 83,4 т, годовой 1000 т.

Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды 25-27 °С, содержание растворенного в воде кислорода не менее 2-3 мг/л, рН 7-8, концентрации свободного аммиака и аммония до 3-4 мг/л, нитритов до 2 мг/л, нитратов до 800 мг/л, уровень воды 1,0 м, водообмен 1 раз/час, статичный фотопериод, освещенность до 50 люкс, плотность посадки 185 шт/м² в первый и 170 шт/м² в четвертый месяцы выращивания. Суммарная годовая рыбопродукция составит 1020 кг/м³.

В случае существенного разрежения посадки молоди сома в первый месяц при сортировке по достижении массы 5-10 г, поддержание ее в начале 420 шт/м² и 330 шт/м² в конце четырехмесячного периода клариевый сом достигает массы 1000 г, которая рассматривается как товарная (прилож. 7, табл. 7.37). Суммарная годовая рыбопродукция составит 1000 кг/м³.

При формировании четырех групп производителей учитывается, что в каждой из них потомство от одних и тех же самок будут получить раз в 4 месяца. Таким образом, в течение года будут выращиваться три последовательные генерации товарного сома. Градиент отличий в сроках получения потомства между группами в последовательном их расположении 1 месяц.

В приложении к технологической части упомянутого проекта данный вариант полициклической технологии рассчитан на выращивание 960 т товарного сома средней массой 1000 г.

Однако в этом варианте технологии для выращивания используют группу молоди с опережающим ростом, которая к концу первого месяца достигает средней массы 10 г. Далее в общей массе такой молоди может быть от 25 до 50 %. Если в дальнейшем проводить выращивание трех размерных групп молоди, имеющей средние показатели достигнутой к концу первого месяца массы 10 г (опережающей в росте) 7 г (среднеразмерная группа), 5 г (отстающей в росте), то возраст достижения товарной массы 1000 г у первых составит 3 мес, вторых 4 мес, третьих 5 мес от указанной выше. Если отсчет вести от выхода с инкубации предличинок, то, соответственно, 4, 5, 6 мес. Важным элементом биотехники выращивания сома по данной технологической схеме являются еженедельные сортировки молоди, начиная с третьей недели выращивания по седьмую на три размерные группы.

При учете доли в размерной структуре генерации сома крупной молоди 25 %, средне-размерной 50 %, мелкой 25 %, ротации размерных групп в последующих генерациях в рамках полициклической схемы выстраивается «веерная» технология выращивания клариевого сома (рис. 73). В основе ее реализации наличие четырех групп рыб, отстающих на месяц по началу выращивания, что позволяет в течение года выращивать в каждой из них три генерации товарной рыбы.

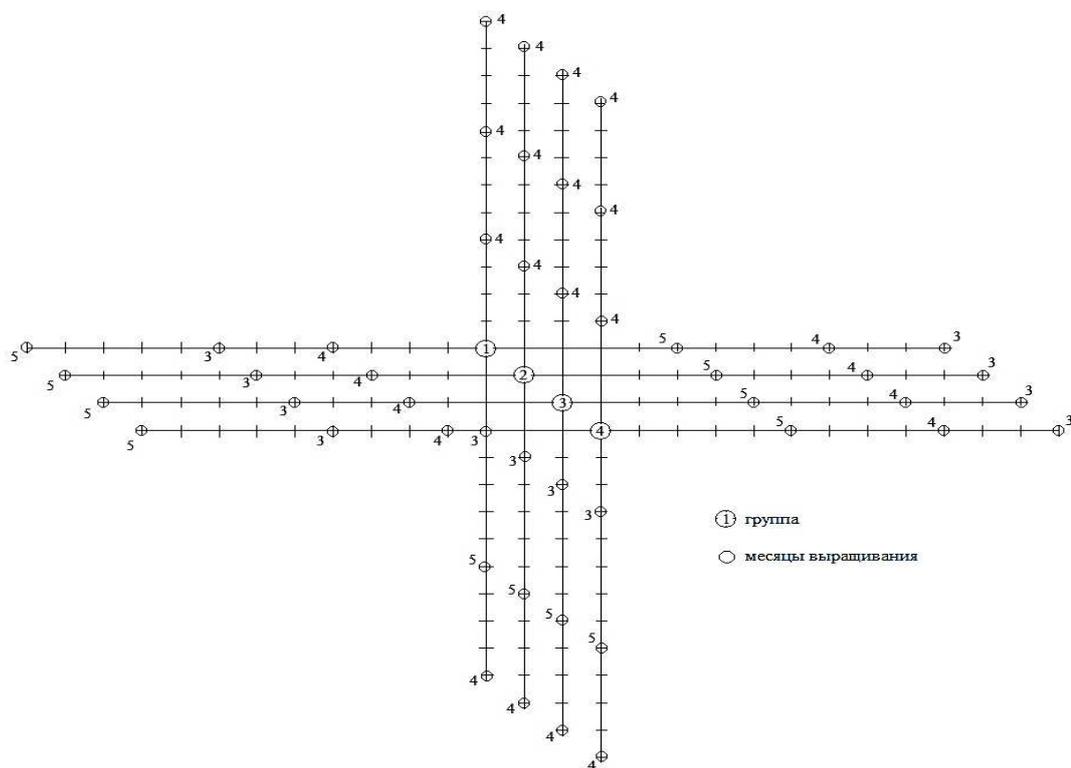


Рисунок 73 - «Веерная» технология товарного выращивания клариевого сома

При этом чередование в каждой «технологической линии» разноразмерных групп рыб позволяет добиться ежемесячной реализации товарной рыбы. С учетом рассматриваемого соотношения размерных групп (12:24:12) и унификации размера бассейнов (16 м²), с учетом исполь-

зования их для выращивания рыб с опережающим ростом 4 раза в год, со средней скоростью роста 3 раза, отстающих в росте 2,5 раза общая площадь бассейнов, задействования в течение 12 месяцев составит: $12 \times 4 \times 16 \text{ м}^2 + 24 \times 3 \times 16 \text{ м}^2 + 12 \times 2,5 \times 16 \text{ м}^2 = 768 + 1152 + 480 = 2400 \text{ м}^2$. При рыбопродукции 400 кг/м^2 общая ее величина составит 960000 кг . В расчете на фактическую площадь бассейнов ($12 \times 16 \text{ м}^2 + 24 \times 16 \text{ м}^2 + 12 \times 16 \text{ м}^2 = 768 \text{ м}^2$). Рыбопродукция в расчете на единицу площади составит 1250 кг/м^2 .

Аналогичная схема построения «веерной» технологии может быть применима при ином соотношении размерных групп. Достижению конечных результатов при выращивании товарного сома способствует температура воды $25-28 \text{ }^\circ\text{C}$, содержание растворенного в воде кислорода не менее $2-3 \text{ мг/л}$, рН $7-8$, концентрации свободного аммиака и аммония до $2-3 \text{ мг/л}$, нитритов до 2 мг/л , нитратов до 800 мг/л , уровень воды $1,0 \text{ м}$, водообмен 1 раз/час , статичный фотопериод, освещенность до 50 люкс , плотность посадки молоди массой $10 \text{ г} - 400-450 \text{ шт/м}^2$, частота сортировок в первый и половину второго месяца выращивания раз в неделю. Выращивание молоди в первый месяц проводится в отдельной группе бассейнов малого размера ($1-4 \text{ м}^2$), сортировки с помощью сортировальных ящиков. Со второго месяца в бассейнах большего размера ($10-20 \text{ м}^2$), сортировки с помощью сортировального агрегата.

Канальный сом

С ориентацией на сроки созревания производителей канального сома и выращивания посадочного материала выстраивают алгоритм выращивания товарной рыбы (прилож. 7, табл. 7.38). В соответствии с ранее приведенным алгоритмом выращивания посадочного материала шестимесячный цикл и двухкратное в течение года получение потомства в каждой группе производителей позволяют применять шестимесячные последовательные циклы выращивания товарной рыбы.

Применительно к ранее приведенным схемам выращивания товарного сома в первой группе начинают в июле и завершают в декабре, во второй с сентября по февраль следующего года, в третьей с ноября по апрель следующего года. Далее шестимесячные циклы выращивания в каждой группе возобновляются.

Приводимая схема выращивания товарного сома предполагает двухкратное использование бассейнов в каждой группе, что кратно увеличивает величину рыбопродукции до 450 кг/м^3 . Достижению конечного результата способствуют температура воды $25-28 \text{ }^\circ\text{C}$, насыщение воды кислородом $100-150 \%$, рН $6,5-7,5$, концентрации свободного аммиака и аммония до $0,5 \text{ мг/л}$, нитритов до $0,2 \text{ мг/л}$, нитратов до 100 мг/л , уровень воды $1,0 \text{ м}$, водообмен 1 раз/час , статичный фотопериод, освещенность до 100 люкс , плотность посадки 150 шт/м^3 .

9. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС РЫБ, ОБЪЕКТОВ ТОВАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

9.1 Морфофизиологические особенности рыб

9.1.1 Морфофизиологическая характеристика стерляди

Из результатов, представленных в таблице 56 обращают внимание по своей величине индексы печени и жабр, отражающих функциональную роль органа, определяющего интенсивность обмена веществ. Как известно, большую скорость роста отмечают у не половозрелых рыб [172, 307]. Причём, если оценка дается по величине относительного среднесуточного роста, значение его у личинок и мальков (5-15 %) , меньше у сеголетков (3-5 %), на втором году выращивания (1-3 %) и так далее. Если оценку проводят по величине коэффициента массонакопления, то у неполовозрелой стерляди его величина может быть от 0,06 до 0,18 [30, 49, 502]. Начало полового созревания вносит существенные коррективы в величину показателя и она может снижаться до 0,01 – 0,03, как это показано в наших исследованиях [436, 465, 467, 470]. При интенсивном обмене величина индекса стремится к минимальной для вида и условий выращивания величине.

Таблица 56 – Индексы внутренних органов у стерляди, %

Показатель	Посадочный материал	Товарная рыба
Индекс печени	2,86±0,31 ¹	1,64±0,19 ¹
Индекс почки	0,44±0,05 ²	0,27±0,03 ²
Индекс селезенки	0,35±0,14	0,16±0,01
Индекс жабр	3,94±0,12 ³	8,13±0,01 ³
Масса	160,4±24,78	911,08±39,04

^{1,2,3} – различия достоверны между сеголетками и товарной рыбой при $p < 0,05$; 0,01; 0,001 соответственно;

Установленная в нашем исследовании величина индекса печени ($2,86 \pm 0,31\%$) отражала влияние вышперечисленных факторов, а также отношение величины органа к массе парки посадочного материала. Сопоставляя наши данные с результатами исследований других авторов, можно отметить определенную близость значений. Так Л. В. Васильева (2000) приводит данные о величине индекса печени в диапазоне значений от 2,05 до 2,42 %. А. Н. Туменов (2015) близкие к 2,0. Но следует отметить, что масса сеголетков была около 55 г в первом примере и 350-400 г во втором.

В наших более ранних исследованиях у молоди стерляди массой около 90 г, выращенной в садках, величина индекса печени составила 2,58 % [418]. Очевидно, для посадочного материала массой 50-160 г можно признать нормальной величина индекса печени от 2 до 3%.

Индекс селезёнки, отражающий уровень стрессового состояния рыб, дефицит кислорода в воде, интенсивность питания составил $0,35 \pm 0,14$ %. В наших более ранних исследованиях величина индекса у посадочного материала, выращенного в пресной и солоноватой воде, была в диапазоне значений $0,17 - 0,26$ %. По данным А. Н. Туменова (2015) индекс селезенки был от $0,05$ до $0,17$ %. Можно предположить, что в наших исследованиях, был минимизирован стрессовый фактор, а насыщение воды кислородом было высокое.

Индекс почки у посадочного материала составил $0,44 \pm 0,05$ %, что близко к данным разных авторов, проводивших оценку величины индекса у молоди разных видов осетровых и других видов рыб, выращиваемых в разных условиях [216, 520]. Индекс жабр ($3,94 \pm 0,12$ %) соответствовал по величине норме, установленной Е. Н. Смирновой (1967) в диапазоне значений 3-5%.

Оценивая значение индексов внутренних органов у товарной стерляди можно отметить, что увеличение размеров рыб на фоне интенсивного обмена закономерно отражались на снижении величины индексов печени ($1,64 \pm 0,19$ %), почки ($0,27 \pm 0,03$ %), селезёнки ($0,16 \pm 0,04$ %). Близкие значения индексов у осетровых рыб сравнимого размера отмечают другие авторы [81]. Исключение составил индекс жабр, значение которого вышло за пределы нормы в публикации Е. Н. Смирновой (1971). Причина этого видится в увеличении потребности стерляди в кислороде, когда обмен веществ интенсивный. Соответственно это отражается на увеличении размера жабр. Способствует этому также усиление экскреции аммиака, поскольку 90% метаболического азота выводится из организма через жабры [315].

Установленные значения индексов внутренних органов отражают достигнутый уровень интенсивности обменных процессов и в большинстве случаев не выходят за рамки границ, определяющих их проявление при выращивание стерляди и других осетровых в разных рыбо-водных системах. Существенное увеличение индекса жабр у товарной стерляди, очевидно, надо оценивать как частное проявление, определяемое специфичными условиями выращивания в УЗВ.

9.1.2 Морфофизиологическая характеристика клариевого сома

Клариевого сома отличает от большинства рыб, выращиваемых в УЗВ, малоподвижное поведение, формирующееся по достижении массы 100-150 г, способ дыхания, когда жабры с началом функционирования лабиринтового органа, чаще, играют вспомогательную роль, повышенная стрессуемость, проявляющаяся по достижениям массы 800-1000 г. Клариевый сом относится к одним из самых быстрорастущих видов рыб, что является внешним проявлением интенсивного обмена веществ в организме. С учетом вышесказанного, можно объяснить относительно низкие значения индекса печени как у крупного посадочного материала, средней мас-

сой $492,6 \pm 38,68$ г и товарной рыбы средней массой $724,6 \pm 41,1$ и $846,6 \pm 63,3$ г (табл. 57). Первое значение относится к самкам, второе к самцам.

Таблица 57 – Морфофизиологические показатели у клариевого сома

Показатель	Посадочный материал	Самки	Самцы
Индекс печени	$0,95 \pm 0,08^1$	$1,59 \pm 0,12^{1,*}$	$1,01 \pm 0,03^*$
Индекс селезенки	$0,06 \pm 0,00$	$0,12 \pm 0,08$	$0,07 \pm 0,01$
Индекс жабр	$3,63 \pm 0,09^2$	$2,00 \pm 0,14^2$	$2,12 \pm 0,27^2$

^{1,2} – различия достоверны между сеголетками, самками и самцами при $p < 0,01$ и $0,001$, соответственно; * – различия достоверны между самками и самцами при $p < 0,01$.

Имеются данные разных авторов, давших оценку величине индекса печени у клариевого сома. Согласно ним у рыб массой от 50 до 300 г величина индекса печени находится в диапазоне значений $0,75 - 0,95$ % [19, 232]. Верхней границей диапазона соответствуют наши данные. Но здесь надо отметить, что рыбы массой $492,6$ г в нашем случае обозначены как посадочный материал, переводимый на режим товарного выращивания до $1000-2000$ г, когда сортировки уже не проводятся. То, что у самок сома индекс печени увеличился достоверно больше ($p < 0,01$) по сравнению с посадочным материалом, можно объяснить тем, что в этом возрасте и при такой массе начинается интенсивный трофоплазматический рост яйцеклеток. Закономерным становится накопление к этому времени в печени гликогена и жира, что увеличивает размер органа. У самцов при видимом увеличении индекса печени оно оказалось недостоверным.

В упомянутых выше публикациях, а также в работе Д. В. Артеменкова (2013) для рыб массой от 50 до 300 г величина индекса селезенки составляла $0,15-0,29$ %. То, что в наших исследованиях величина индекса ниже ($0,06 \pm 0,00\%$), может быть связано с существенно большей массой посадочного материала, близкой к 500 г, а также интенсивным ростом и увеличением потребности в кислороде, что сопровождается выбросом крови из селезенки. То, что величина индекса селезенки у товарного сома (самки и самцы) не изменилась, может рассматриваться с позиции сохранения стабильности в условиях выращивания, как на предыдущем этапе.

Несмотря на то, что жабры чаще выполняют вспомогательную роль в дыхании, тем не менее, удаление из организма углекислого газа, аммиака требует определенной площади эпителия жабр. Поэтому величина индекса жабр у посадочного материала и товарного сома сопоставима со многими рыбами [7, 373]. Близкие с нашими ($3,63 \pm 0,09$ %) были данные Д. В. Артеменкова (2013), когда величина индекса жабр составила $3,69 \pm 0,21$. После начала функционирования лабиринтового органа, понижения роли жабр в дыхании, увеличения массы рыб, величина индекса должна снижаться. Поэтому установленная величина соответствует определен-

ному этапу в развитии органа и организма в целом. Подтверждением служат данные о величине индекса жабр у товарного сома (самки и самцы). Индекс жабр у них достоверно снизился до $2,00 \pm 0,14$ и $2,12 \pm 0,27$ %, соответственно ($p < 0,001$).

Таким образом, при соответствии большинства значений индексов исследованных органов данным разных авторов, удалось установить ряд существенных отличий в величине и направлении в изменении индексов. В частности индекса печени, жабр у самцов и самок. Существенно меньшей оказалась величина индекса селезёнки. Это дает основание считать, что на величину индексов внутренних органов могут влиять особенности функционирования УЗВ с учётом отличий по биотическим и абиотическим факторам.

9.1.3 Морфофизиологическая характеристика судака

Среди исследований внутренних органов выделялись печень и селезенка, величина индекса которых с возрастом и увеличением средней массы с $29,82 \pm 3,89$ (5 мес) до $450,4 \pm 8,86$ г (12 мес) достоверно не изменилась, что может говорить о стабильности условий выращивания и интенсивности роста рыб (таблица 58). Вторую группу органов составили жабры и почки, величина индекса которых достоверно увеличивалась с возрастом и средней массой ($2,20 \pm 0,33$ и $3,84 \pm 0,41$ %, $0,25 \pm 0,01$ и $0,64 \pm 0,15$ %, соответственно). В первом случае достоверность различий подтверждена при $p < 0,05$, во втором при $p < 0,01$. Увеличение индекса жабр с возрастом можно связать с увеличением потребности в кислороде, усилении выделения углекислого газа и аммиака на фоне интенсивного роста [422, 423].

Таблица 58 – Морфофизиологические показатели судака

Показатель	Посадочный материал	Товарная рыба
Индекс печени	$1,24 \pm 0,15$	$0,94 \pm 0,07$
Индекс селезенки	$0,7 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,15$
Индекс жабр	$2,20 \pm 0,33^1$	$3,84 \pm 0,41^1$
Индекс почки	$0,25 \pm 0,01^2$	$0,64 \pm 0,15^2$

^{1,2} – различия достоверны при $p < 0,05$; $p < 0,01$, соответственно.

Увеличение индекса почки также можно связать с увеличением интенсивности обмена веществ в организме судака. Таким образом, можно признать, что установленная величина индексов исследованных органов отражает соответствии условий выращивания биологическим потребностям судака.

9.1.4 Морфофизиологическая характеристика угря

Величина индексов внутренних органов рыб, часто коррелирует со скоростью роста. Но изменения в эту связь могут внести абиотические и биотические условия выращивания, воз-

растные и половые отличия рыб [340]. Реализация этого положения может быть прослежена на примере изменения индексов внутренних органов у угря с возрастом. Сильная корреляционная связь установлена для индексов печени и селезёнки ($r = 0,95 \pm 0,21$ и $r = 0,93 \pm 0,29$, соответственно). По отношению к массе рыб установлена средняя корреляционная связь ($r = 0,66 \pm 0,28$ и $r = 0,62 \pm 0,26$, соответственно). Связь прослежена у угря в возрасте 13, 15, 19 месяцев, имевшим среднюю массу $94,2 \pm 2,83$, $187,3 \pm 15,5$ и $323,3 \pm 10,5$ г, соответственно.

Обращает внимание градиент увеличения индекса печени с возрастом и возрастанием массы рыб (рис. 74). У угря в возрасте 13 месяцев величина индекса печени составила $0,25 \pm 0,05$ г, 15 месяцев $0,55 \pm 0,04\%$, 19 месяцев $1,69 \pm 0,11\%$. То, что наименьшее значение индекса установлено у угря в более младшем возрасте (апрель) можно связать с вероятным влиянием сохраняющегося циркадного цикла у недоместицированного объекта, что проявляется в ускорении роста рыб. Возрастание величины индекса до $0,55\%$ в июне-июле соответствует периоду наиболее интенсивного роста. Очевидно, что увеличение массы органа по отношению к массе порки связано с накоплением гликогена и жира в печени. Максимальная величина индекса в октябре согласуется с особенностью накопления запасных энергетических веществ в печени, как это имеет место у рыб перед зимовкой. Стабильность обмена веществ у угря в возрасте 13 и 15 месяцев в период интенсивного роста подтверждают данные о величине индекса селезёнки ($0,03 \pm 0,01$ и $0,03 \pm 0,045\%$ соответственно). Возрастание значения у угря в возрасте 19 месяцев до $0,48 \pm 0,03\%$ можно связать с депонированием крови в селезёнке.

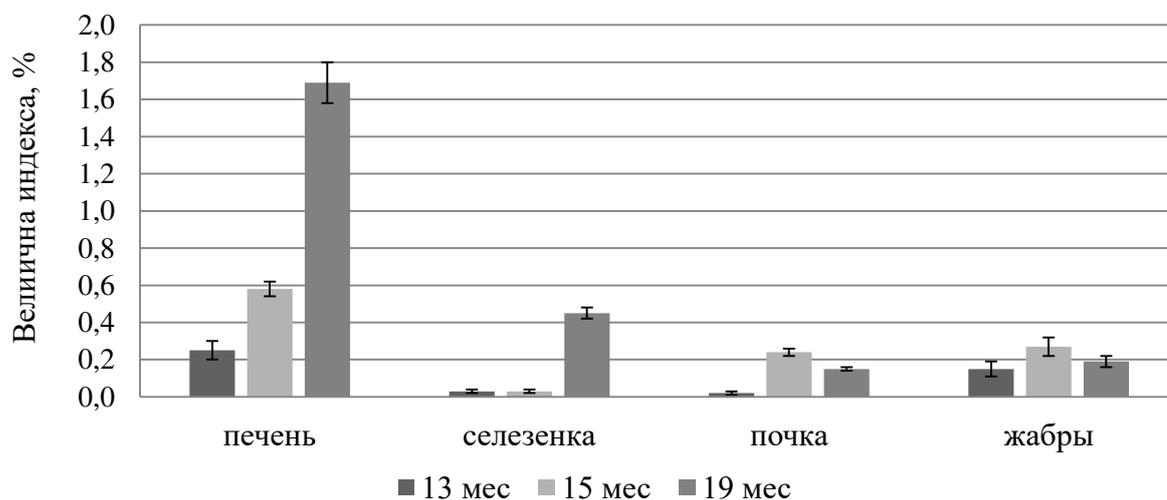


Рисунок 74 – Морфофизиологические показатели угря

В ином плане происходили изменения величины индекса почек и жабр. Обращает внимание увеличение индексов обоих органов угря в возрасте 15 месяцев ($0,25 \pm 0,05$ и $0,28 \pm 0,03\%$,

соответственно). Это можно связать с возрастанием секреторирующей и синтезирующей роли почки и увеличением поглощения кислорода и выделения углекислого газа и аммиака жабрами в период наиболее интенсивного роста угря.

Таким образом, в условиях искусственной экосистемы УЗВ, очевидно, проявление влияния сезонного фактора на изменение величины индексов внутренних органов угря.

9.1.5 Морфофизиологическая характеристика радужной форели

Условия УЗВ позволяют радужной форели реализовать биологическую потенцию на высоком уровне. В возрасте 4 месяцев молодь достигает массы 30-50 г, в возрасте 8 месяцев посадочный материал имеет массу близкую к 300 г. Производители созревают в возрасте 21 мес, хотя отдельные самцы начинают созревать уже в возрасте 18-19 мес. Особенностью в изменение индексов всех исследованных органов у молоди форели является снижение их величины с возрастом (рис. 75). Высокий уровень достоверности различий ($p < 0,001$) установлен в величине индекса жабр в возрасте 4 и 8 месяцев ($4,38 \pm 0,25$ и $2,34 \pm 0,24$ %). Менее значимый уровень достоверности ($p < 0,01$) подтвержден для индекса печени ($2,24 \pm 0,24$ и $1,15 \pm 0,07$ %). Различия в величине индекса селезёнки оказались не достоверны.

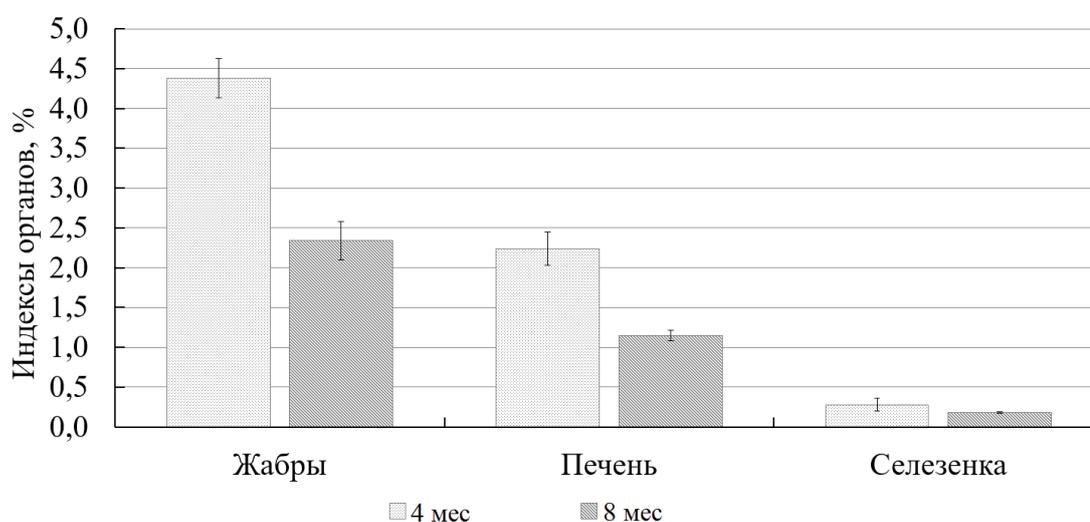


Рисунок 75 – Изменение морфофизиологических показателей у 4-х и 8-ми месячной молоди форели

У самцов и самок в возрасте 19 мес. установлено достоверное различия ($p < 0,001$) в величине индекса жабр ($3,4 \pm 0,15$ % у самцов и $2,43 \pm 0,08$ % у самок). Следует отметить, что у самцов средняя масса была $1245,2 \pm 97,8$ г, у самок $1523,3 \pm 23,4$ г. К тому же отдельные самцы в это время созрели, что очевидно требовало поступления в организм большего количества кис-

лорода и выделения продуктов обмена. Для самцов общим свойством является их более раннее созревание и интенсивный обмен веществ [18, 87]. Половых различий в величине индекса печени и селезенки обнаружено не было.

Таким образом, характер изменения индексов исследованных органов у форели на этапах выращивания посадочного материала соответствует стабильному проявлению аллометрического роста на фоне увеличения массы рыб. Более раннее созревание самцов опосредуется с большей по сравнению с самками величиной индекса жабр.

Можно признать, что оценка величины и характера изменения индексов внутренних органов стерляди, клариевого сома, судака, угря и радужной форели, выращиваемых в УЗВ позволила установить морфофизиологический статус рыб, отражающий закономерности влияния специфических для каждого вида и возраста абиотических и биотических условий.

9.2 Гематологические особенности рыб

9.2.1 Гематологическая характеристика стерляди

Анализ крови посадочного материала в возрасте 4 и 8 мес, а также товарной стерляди в возрасте 12 мес показал достоверно подтверждаемую тенденцию увеличения концентрации гемоглобина у молоди с возрастом на 24 % ($p < 0,01$), увеличения СГЭ на 25 % ($p < 0,05$), при сохранении неизменной концентрации эритроцитов и лейкоцитов (табл. 59). Следует отметить, что концентрации эритроцитов и гемоглобина соответствовали ранее установленным для стерляди, выращиваемой в УЗВ [355]. У товарной стерляди установлено достоверное увеличение по сравнению с посадочным материалом концентрации эритроцитов на 32 % ($p < 0,01$). Известно, что увеличение концентрации эритроцитов и гемоглобина у рыб происходит с возрастом [109, 113, 127, 357]. Но, следует учитывать возможность увеличения концентрации эритроцитов у стерляди в УЗВ при высокой температуре воды, более значимых концентраций аммиака и нитритов по сравнению с открытыми рыбоводными системами.

Таблица 59 - Гематологические показатели разновозрастной стерляди, выращенной в УЗВ

Параметры	Посадочный материал		Товарная рыба, 12 мес
	4 мес	8 мес	
Нб, г · л ⁻¹	60,60±1,16 ²	75,20±1,74 ²	86,40±3,68
Эр, Т · л ⁻¹	0,878±0,055	0,873±0,067	1,158±0,047
Л, Г · л ⁻¹	39,50±1,46	38,50±3,12	47,50±3,16
ОБС, г · л ⁻¹	-	25,88±1,06	36,10±0,38
СГЭ, пг	70,10±4,80 ¹	87,93±6,17 ¹	75,35±5,24
ЦП	2,46±0,27	3,14±0,41	1,99±0,21
Эр/Л	22,43±1,93	23,46±3,09	24,44±2,45
Масса, г	26,21±2,49	266,24±9,56	658,50±33,27

^{1,2} – различия достоверны между мальками и сеголетками при $p < 0,05$; 0,01, соответственно

Такую связь установила Е.В. Сементина (2011) у товарной стерляди, выращиваемой в УЗВ. Высоким концентрациям эритроцитов способствуют высокие обеспеченность пищей и уровень обмена веществ в организме [379]. Достоверно выше ($p < 0,01$) у товарной стерляди по сравнению с посадочным материалом был ОБС ($36,1 \pm 0,38$ против $25,88 \pm 1,06$ Г·л⁻¹), что также подтверждает связь показателя с интенсивными питанием и обменом веществ в организме [77, 78, 110, 113, 357]. Высокую пищевую активность стерляди всех возрастов подтверждают данные по концентрации лейкоцитов. Анализ, в совокупности, всех указанных в таблице показателей позволяет говорить о высокой пищевой активности стерляди всех возрастов в специфических условиях УЗВ.

Изучение относительного распределения клеток белой крови у посадочного материала и товарной стерляди позволило установить лимфоидный характер лейкоцитарной формулы (табл. 60).

Таблица 60 - Гематологические показатели производителей стерляди, выращенных в УЗВ

Параметры	Самки	Самцы
Нб, г · л ⁻¹	83,80±0,97 ²	75,93±3,28 ²
Эр, Г · л ⁻¹	1,098±0,061	0,973±0,043
Л, Г · л ⁻¹	42,50±2,09	44,11±1,83
ОБС, г · л ⁻¹	51,14±1,13	52,15±1,81
СГЭ, пг	77,49±5,31	79,04±3,33
ЦП	2,18±0,30	2,54±0,19
Э/Л	25,79±0,27	22,74±1,53
СОЭ, мм/ч	4,5±0,27 ¹	6,21±0,47 ¹
КСБ, % СаCl ₂	0,062±0,006 ²	0,036±0,004 ²
Гонадосоматический индекс	7,01±0,42	3,23±0,55
Масса, г	1122,98±62,56	921,06±43,14
<i>Лейкоцитарная формула</i>		
Миелоциты нейтрофильные	3,30±0,25	2,46±0,48
Метамиелоциты нейтрофильные	2,60±0,66	3,61±0,75
Палочкоядерные нейтрофилы	3,70±0,30	2,96±0,65
Сегментоядерные нейтрофилы	4,40±0,66	3,93±0,52
Всего нейтрофилов (ОЧН)	14,00±0,96	12,96±1,49
Псевдоэозинофилы	2,60±0,47	2,79±0,49
Моноциты	0,70±0,12	0,54±0,35
Лимфоциты	82,70±1,27	83,71±1,79
ИСН	2,34±0,34	3,60±1,10
ИСЛ	0,20±0,02	1,19±0,02

^{1,2} – различия достоверны между самками и самцами при $p < 0,05$; 0,01, соответственно

У производителей стерляди достоверные различия подтверждены только в концентрации гемоглобина, она больше у самок, скорости оседания эритроцитов и КСБ (больше у самок). В

распределении клеток белой крови у самок и самцов отличий не установлено. Подтверждён лимфоидный характер лейкоцитарной формулы.

У товарной стерляди достоверно больше было количество метамиелоцитов, моноцитов и ИСН. Остальные формы лейкоцитов были статистически близки.

Таким образом, установленная динамика гематологических показателей у посадочного материала и товарной стерляди соответствует высокой пищевой активности рыб и интенсивному росту.

9.2.2 Гематологическая характеристика клариевого сома

Анализ крови клариевого сома (табл. 61) на этапах выращивания посадочного материала повышенной весовой кондиции (492,6±36,68 г) показал, что достоверные различия показаны по концентрации эритроцитов, ОСБ, между молодью массой 72,5±8,7 г и 209,2±22,7 г ($p < 0,05-0,01$). Между молодью массой 72,5 г и посадочным материалом (492,6±38,68 г) по концентрации эритроцитов, лейкоцитов, СГЭ ($p < 0,05-0,001$).

Таблица 61 - Гематологические показатели клариевого сома, выращенного в УЗВ

Параметры	Средняя масса 72,5 г	Средняя масса 209,2 г	Средняя масса 492,6 г
Нб, г · л ⁻¹	58,03±6,09	72,80±3,80	89,00±7,49
Эр, Т · л ⁻¹	1,01±0,08*	1,32±0,04 ^{3,*}	1,94±0,09 ³
Л, Г · л ⁻¹	36,83±3,63	34,14±1,55 ³	46,97±0,55 ³
ОБС, г · л ⁻¹	44,96±0,26	37,25±1,98	39,48±2,89
СГЭ, пг	55,23±10,24	55,29±1,85 ¹	45,75±2,24 ¹
ЦП	1,66±0,31	1,66±0,06 ¹	1,37±0,07 ¹
СОЭ, мм	-	2,14±0,09	3,13±0,31
КСБ, % CaCl ₂	-	0,08±0,00	0,08±0,01

*,** – различия достоверны между рыбами массой 72,5 г и массой 209,2 г при $p < 0,05$ и $0,01$, соответственно; ^{1,3} – различия достоверны между сеголетками более 100 г и годовиками при $p < 0,05; 0,01$ и $0,001$, соответственно.

Рыбы всех размерных групп имели высокую концентрацию гемоглобина, СГЭ, ЦП, концентрацию эритроцитов, концентрацию лейкоцитов и ОБС, что соответствует высокой интенсивности обмена веществ. Известно, что высокая пищевая активности, высокая скорость роста сопровождается повышением ОБС и концентрации лейкоцитов. Увеличению лейкопоза у рыб способствует высокая температура воды [260, 357, 395]. Несколько повышенные концентрации ОБС и лейкоцитов у клариевого сома можно обосновать высокой температурой воды и полноценностью кормления.

Лейкоцитарная формула у посадочного материала на всех этапах выращивания имела ярко выраженный лимфоидный характер (табл. 62). Соотношение клеток белой крови у рыб на

этапах выращивания было в нормальных пределах для костистых рыб [127, 208, 357]. Следует отметить, что сгущение крови у посадочного материала большого размера (концентрация эритроцитов $1,94 \pm 0,09 \text{ Т} \cdot \text{л}^{-1}$), можно связать с высокой плотностью посадки (более 700 шт./м^3).

Особенностью в лейкоцитарной формуле является увеличение доли миелоцитов и снижения доли лимфоцитов ($p < 0,05$). Такая тенденция отражает большую пищевую активность и быстрый рост рыб при высокой плотности посадки.

Таблица 62 - Лейкоцитарная формула клариевого сома, выращенного в УЗВ, %

Форменные элементы крови	Средняя масса 72,5 г	Средняя масса 209,2 г	Средняя масса 492,6 г
Миелоциты нейтрофильные	$6,14 \pm 0,93^*$	$1,85 \pm 0,80^*$	$4,75 \pm 1,44$
Метамиелоциты нейтрофильные	$3,33 \pm 0,33$	$2,30 \pm 0,79^1$	$6,50 \pm 1,50^1$
Палочкоядерные нейтрофилы	$2,33 \pm 0,33$	$1,60 \pm 0,32$	$2,25 \pm 0,95$
Сегментоядерные нейтрофилы	$4,83 \pm 0,07^*$	$1,60 \pm 1,00^*$	$1,63 \pm 0,90$
Всего нейтрофилов (ОЧН)	$16,67 \pm 1,20^*$	$7,35 \pm 2,58^*$	$15,13 \pm 2,90$
Псевдобазофилы	$0,50 \pm 0,29$	$0,15 \pm 0,10$	$0,88 \pm 0,31$
Псевдоэозинофилы	$0,33 \pm 0,17$	$0,35 \pm 0,22$	$0,63 \pm 0,24$
Моноциты	$1,7 \pm 0,44$	$0,90 \pm 0,56$	$3,50 \pm 1,66$
Лимфоциты	$81,3 \pm 1,17^*$	$91,25 \pm 3,03^{1,*}$	$79,86 \pm 4,05^1$
ИСН	$2,44 \pm 0,18$	$4,61 \pm 0,98$	$17,94 \pm 9,49$
ИСЛ	$0,21 \pm 0,02^*$	$0,09 \pm 0,03^*$	$0,20 \pm 0,05$

* – различия достоверны между рыбами массой 72,5 и 209,2 г при $p < 0,05$; ^{1,3} – различия достоверны между самками и самцами при $p < 0,05$ и $0,001$, соответственно.

Товарный сом был близким к созреванию, поэтому целесообразным было исследовать кровь у самок и самцов. Однозначно можно сделать вывод об отсутствии анемии у самцов и самок. Это подтверждают данные по скорости оседания эритроцитов, находящиеся в прямой зависимости с концентрацией эритроцитов [78, 109, 357]. Увеличение СОЭ до 4 мм можно связать с созреванием гонад у рыб [344].

Для оценки физиологического состояния производителей в процессе их созревания применяются два показателя: концентрация гемоглобина и КСБ по пробе Вельтмана. По данным Г.Г. Серпунина (2010) концентрация гемоглобина, КСБ и ОБС повышаются с возрастом и упитанностью рыб. По динамике параметров КСБ, ОБС и СОЭ можно заключить, что гонады у товарного сома приближались к IV степени зрелости.

На момент исследований самки отличились от самцов по распределению клеток в лейкоцитарной формуле. Достоверно выше был процент палочкоядерных нейтрофилов ($p < 0,001$), общее число нейтрофилов ($p < 0,01$), лимфоцитов ($p < 0,05$). Такое распределение клеток белой крови указывает на некоторое перераспределение клеток в сторону нейтрофилов и

увеличение нейтрофилопоза у самок. Это связано с высокими пищевой активностью и скоростью роста. Вероятно влияние на лейкоцитарную формулу процесса созревания гонад.

Таким образом, по мере увеличения возраста посадочного материала клариевого сома у рыб возрастает концентрация эритроцитов, лейкоцитов, снижается СГЭ и ЦП. У самцов по сравнению с самками снижается концентрация эритроцитов, но повышается СГЭ.

В лейкоцитарной формуле посадочного материала по мере увеличения возраста уменьшается доля миелоцитов нейтрофильных, повышается доля метамиелоцитов нейтрофильных, снижается доля сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов. В лейкоцитарной формуле товарного сома увеличена доля палочкоядерных нейтрофилов, общего количества нейтрофилов, возрастает доля лимфоцитов.

Лейкоцитарная формула посадочного материала и самцов сома имеет ярко выраженный лимфоидной характер. Лейкоцитарная формула самок имеет лимфоидный характер с некоторым сдвигом в нейтрофильную сторону.

9.2.3. Гематологическая характеристика судака

У товарного судака средней массой $450,4 \pm 80,86$ г концентрация гемоглобина составила $36,41 \pm 2,23$ г·л⁻¹ (табл. 63), что можно признать достаточно низкой, но компенсировалась высокой концентрацией эритроцитов ($1,79 \pm 0,28$ Т·л⁻¹). Эти данные согласуются с результатами исследований судака из естественных водоемов [170, 343]. У судака Куршского залива концентрация гемоглобина была несколько выше (46,9 - 51,6 г·л⁻¹).

Таблица 63 - Гематологические параметры товарного судака, выращенного в УЗВ

Параметры	Товарная рыба
Нб, г · л ⁻¹	36,41±2,23
Эр, Т · л ⁻¹	1,79±0,28
Л, Г · л ⁻¹	41,91±2,37
ОБС, г · л ⁻¹	45,73±4,16
СГЭ, пг	28,09±2,04
<i>Лейкоцитарная формула, %</i>	
Миелоциты нейтрофильные	1,80±0,34
Метамиелоциты нейтрофильные	0,95±0,56
Палочкоядерные нейтрофилы	1,20±0,82
Сегментоядерные нейтрофилы	0,67±0,24
Всего нейтрофилов	4,62±0,66
Псевдобазофилы	0,10±0,10
Псевдоэозинофилы	0,10±0,10
Моноциты	2,98±0,64
Лимфоциты	92,2±3,26

Концентрация эритроцитов в исследованной группе судака варьировалась от 1,63 до 2,18 $\text{T}\cdot\text{л}^{-1}$, при среднем значении $1,79 \pm 0,28 \text{ T}\cdot\text{л}^{-1}$. Эти значения лежат в пределах параметров для костистых рыб и могут говорить о сгущении крови. С. С. Шварц (1980) сгущение крови рассматривает как один из механизмов адаптации организма к неблагоприятным условиям. На первых стадиях действия токсических веществ или стрессовых ситуаций система кроветворения реагирует как защитная функция путем мобилизации молодых и резервных клеток крови. Сгущение крови в стрессовой ситуации является общим биологическим законом реагирования любого организма, в том числе и рыб, на неблагоприятный фактор, повышающий его сопротивляемость [215].

В картине красной крови судака, выращенного в УЗВ, доля молодых форм эритроцитов доходила до 70% и более. В среднем составляла $57,4 \pm 23,3\%$. Большое количество молодых эритроцитов указывает на усиление эритропоэза. Можно предположить, что условия содержания судака в бассейнах УЗВ были стрессовыми. Однако, учитывая относительно высокую скорость роста рыб, выживаемость и низкую обеспеченность гемоглобином, можно предположить, что у судака шёл процесс адаптации к специфическим условиям выращивания. Установленная картина связана с компенсационной реакцией поддержания уровня гемоглобина не за счет накопления в эритроците, а за счет новых молодых эритроцитов.

Среднее значение СГЭ ($28,09 \pm 2,04 \text{ пг}$) было близким к установленному у судака, выращенного в бассейнах ($37,1 \pm 4,3 \text{ пг}$), но ниже, чем у рыб из прудов ($65,75 \pm 3,85 \text{ пг}$). На основании этого можно сделать вывод о том, что некоторое анемичное состояние судака в УЗВ по сравнению с судаком из бассейнов и прудов связано с особенностями биотехники выращивания судака на первых этапах доместикации.

У судака, выращиваемого в УЗВ, высокой была концентрация общего белка крови и лейкоцитов, что отражает уровень обмена веществ в организме, значительную пищевую активность, что подтверждается большой для данного вида массой и скоростью роста. Есть данные о том, что высокая скорость роста способствует снижению концентрации гемоглобина у некоторых видов рыб (Попов 1986). Поэтому установленные параметры крови следует рассматривать в качестве гематологического статуса судака, выращиваемого в УЗВ.

9.2.4. Гематологическая характеристика угря

Анализ данных таблицы 64 позволяет сделать вывод о сохранении влияния на угря, выращиваемого в УЗВ, сезонного фактора, несмотря на то, что в течение всего периода выращивания был статичный режим освещённости, постоянно высокая температура воды, нормальное насыщение воды кислородом, допустимые концентрации азотистых соединений и т.п.

Таблица 64 – Гематологические показатели угря, выращенного в УЗВ

Параметры	Месяцы выращивания		
	13	15	19
Концентрация гемоглобина, г·л ⁻¹	83,4±6,8 ¹	108,8±4,1*	89,6±4,0 ^{1,*}
Концентрация эритроцитов, Т·л ⁻¹	1,23±0,14	1,32±0,06	1,46±0,07
СГЭ, пг	69,6±5,1	84,0±5,6*	61,62±2,5*
Концентрация лейкоцитов, Г·л ⁻¹	41,82±4,58	48,16±3,84	36,25±5,56
ОБС, г·л ⁻¹	37,66±2,71 ²	53,65±2,95 ²	53,54±3,10 ²
Количество рыб, шт.	5	8	5

¹ – различия достоверны при $p < 0,01$ между рыбами 13 и 15 месяцев; * - различия достоверны при $p < 0,01$ между рыбами 15 и 19 месяцев; ² – различия достоверны при $p < 0,01$ между рыбами в 13 и 15 и 13 и 19 месяцев соответственно

Так концентрация гемоглобина достоверно повысившись к середине лета (пик периода нагула в природных условиях) до $108,8 \pm 4,1$ г·л⁻¹ снизилась к октябрю до $89,6 \pm 4,0$ г·л⁻¹. Аналогичную картину видим в динамике СГЭ ($p < 0,01$). В динамике ОБС достоверное увеличение ($p < 0,01$) подтверждено только по отношению к концентрации в апреле (возраст 13 месяцев).

При видимой динамике концентрации лейкоцитов, аналогично установленной для концентрации гемоглобина и СГЭ, подтверждения достоверности различий получить не удалось.

Специфические условия выращивания в УЗВ недоместицированного объекта, каковым является угорь, тем не менее не вывели концентрацию гемоглобина за пределы, установленных для вида значений. Концентрация гемоглобина в крови угря из Куршского залива составляла 116 г·л⁻¹, из пресных и солоноватых вод Северной Африки от 60 до 156 г·л⁻¹, из Адриатического моря от 96 до 127 г·л⁻¹, из товарных рыбоводных хозяйств 111,8 г·л⁻¹ [63, 185, 247, 519]. Аналогичная картина в концентрации эритроцитов: у угря из товарных рыбоводных хозяйств 1,18 т·л⁻¹, из природных популяций Северной Африки 1,6 т·л⁻¹, из Куршского залива 1,48 - 1,5 т·л⁻¹ [63, 147, 185, 247, 263, 519].

Высокие показатели концентрации лейкоцитов согласуются с пищевой активностью угря в течение всего периода исследований. Стабильность и высокая обеспеченность пищей угря в УЗВ на фоне других управляемых абиотических и биотических показателей биотехнического процесса объясняют более высокие концентрации лейкоцитов по сравнению с другими условиями. Так концентрация лейкоцитов у угря из УЗВ оказалось на 60% выше, чем у рыб из Куршского залива [185, 519].

ОБС характеризовался высокими концентрационными показателями, отражающими интенсивность питания и обмена веществ в организме [426].

Оценивая лейкоцитарную формулу можно сказать, что учитываемые показатели в течение всего периода исследований, в основном, достоверно не отличались, что подтверждает ста-

бильность в условиях выращивания. Отражением этого был резко лимфоидный характер белой крови (табл. 65).

Таблица 65 – Лейкоцитарная формула европейского угря, выращенного в УЗВ, %

Параметры	Месяцы выращивания		
	13	15	19
Миелоциты нейтрофильные	2,6±0,7	1,4±0,4	0,9±0,3
Метамиелоциты нейтрофильные	1,3±0,5	1,3±0,7	1,0±0,3
Палочкоядерные нейтрофилы	0,8±0,3	0,8±0,2	0,7±0,4
Сегментоядерные нейтрофилы	0,6±0,2	1,1±0,4	1,4±0,7
Общее число нейтрофилов	5,3±0,9	4,6±1,3	4,0±0,9
Псевдозозинофилы	0,1±0,1	-	0,1±0,1
Псевдобазофилы	0,5±0,3	0,2±0,1	0,3±0,3
Моноциты	0,7±0,4	0,2±0,1	0,3±0,2
Лимфоциты	93,4±1,2	95,1±1,2	95,3±0,7
ИСН	7,88±1,35 ¹	3,61±1,09 ¹	2,31±0,54
ИСЛ	0,06±0,01	0,05±0,02	0,05±0,01

Таким образом, установленные гематологические показатели угря характеризуют условия выращивания в УЗВ как стабильные по абиотическим биотическим факторам.

9.2.5 Гематологическая характеристика радужной форели

В настоящем исследовании было прослежено изменение картины крови у рыб в возрасте 11 - 18 месяцев (с апреля по сентябрь). Отличительной особенностью форели этого возраста является отвлечение части обменной энергии на генеративную составляющую.

В динамике концентрации гемоглобина отмечена тенденция возрастания значений от апреля к сентябрю [219]. Как у самцов, так и самок (прилож. 8, табл. 8.1, 8.2). При этом достоверность различий в значениях подтвердилась при $p < 0,001$ ($88,67 \pm 7,17$ и $123,00 \pm 1,15$ г·л⁻¹ в апреле и сентябре у самцов, $80,00 \pm 1,00$ и $108,00 \pm 2,89$ г·л⁻¹ в апреле и сентябре у самок). Но достоверно большая концентрация гемоглобина ($p < 0,01$) была у самок в июне. Достоверно большим ($p < 0,01$) было СГЭ у самцов в апреле и сентябре ($63,98 \pm 6,56$ и $86,71 \pm 0,29$ пг, соответственно). У самок достоверно большим было СГЭ ($p < 0,05$) на всех этапах исследований ($57,07 \pm 5,81$, $81,22 \pm 2,24$, $105,28 \pm 12,73$ пг, соответственно).

Достоверные различия ($p < 0,01$) были в цветном показателе. У самцов в апреле по отношению к сентябрю ($1,92 \pm 0,02$ и $2,60 \pm 0,01$, соответственно). У самок ($p < 0,05$) в июне и сентябре по отношению к апрелю ($2,38 \pm 0,29$ и $2,60 \pm 0,01$ к $1,92 \pm 0,20$).

Достоверные отличия в концентрации лейкоцитов у самцов подтверждено при $p < 0,001$ в апреле по отношению к сентябрю ($23,57 \pm 3,33$ и $18,35 \pm 2,22$ г·л⁻¹) при $p < 0,01$ ($31,40 \pm 2,89$ г·л⁻¹) в июне по отношению к апрелю и сентябрю. У самок достоверность различий в апреле и сен-

тябре $44,45 \pm 3,50$ и $12,75 \pm 1,21$ г·л⁻¹ подтверждена при $p < 0,001$. Между показателями в июне ($31,30 \pm 6,50$ г·л⁻¹) по отношению к апрелю и сентябрю при $p < 0,05$.

Также достоверные различия подтверждены в отношении эритроцитов к лейкоцитам (Эр/л). У самцов при $p < 0,001$ в апреле по отношению к сентябрю ($60,85 \pm 5,99$ и $81,25 \pm 10,83$), при $p < 0,05$ ($45,73 \pm 5,77$) в июне по отношению к апрелю и сентябрю. У самок ($p < 0,001$) в апреле по отношению к сентябрю ($32,28 \pm 2,35$ и $83,33 \pm 0,00$) и при $p < 0,01$ в июне ($51,85 \pm 8,74$) по отношению к апрелю и сентябрю.

Как следует из этих данных, у самцов и самок синхронно происходят изменения в показателях крови. Однако по некоторым из них отмечены разнонаправленные изменения у рыб разного пола. Это можно объяснить различиями на отдельных этапах в интенсивности и структуре обменных процессов. Известно, что самцы чаще созревают раньше самок, что предполагает более интенсивный обмен веществ в межнерестовый период [17, 258].

Белая кровь самцов и самок имела резко лимфоидный характер (прилож. 8, табл. 8.1, 8.2). Большое разнообразие различных клеток отражает специфику условий выращивания в УЗВ и находится в границах нормативных для форели значений [86, 102, 155, 294, 357, 515].

Половые различия в величине показателей крови установлены в сентябре в концентрации гемоглобина при $p < 0,01$ ($123,00 \pm 1,15$ г·л⁻¹ у самцов и $108,00 \pm 2,89$ г·л⁻¹ у самок), в концентрации эритроцитов при $p < 0,01$ ($1,42 \pm 0,02$ у самцов и $1,06 \pm 0,10$ Т·л⁻¹ у самок), в доли моноцитов при $p < 0,05$ ($0,75 \pm 0,14$ у самцов и $0,25 \pm 0,14$ у самок).

В целом, лейкоцитарная формула, низкий процент моноцитов, отсутствие в периферической крови патологических изменений клеток, высокие концентрации гемоглобина, лейкоцитов, уровня СГЭ, ЦП и КСБ указывают на нормальное физиологическое состояние форели, выращиваемой в УЗВ.

9.3 Иммунологические особенности рыб

9.3.1. Концентрация лизоцима во внутренних органах стерляди

Концентрация лизоцима как показателя не специфического иммунитета отражает реакцию организма на условия содержания рыб и степень обсеменённости воды бактериями, вирусами, грибами. Необходимо также учитывать, что с кормом в организм рыб могут попасть бактерии и грибы. В последнем случае, защитную от антигенов функцию выполняет печень.

Условия выращивания стерляди в УЗВ специфичны по множеству факторов. В них трудно выделить влияние сезонного фактора на все группы гидробионтов, населяющих искусственную экосистему. Создание благоприятного температурного, газового режима способствуют высокой интенсивности обмена веществ, опосредуемой в росте рыб. В этой ситуации важно

минимизировать траты энергии в организме на иммунитет, поскольку возбуждение иммунной системы отвлечёт значительное количество энергии и снизит направление её на рост [262].

Поэтому важно, чтобы абиотические условия, в том числе концентрации соединений азота и фосфора, соответствовали биологическим потребностям рыб. Чтобы отсутствовали условия для массового развития в УЗВ условно-патогенных бактерий. Чтобы качество кормов, оцениваемое по бактериальной обсемененности было на уровне допустимых значений. Чтобы концентрации аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий в циркулирующей воде не превышали предельных значений. На это направлено действие механических и биологических фильтров, ультрафиолетовых устройств. Когда все отмеченные факторы сбалансированы, то можно говорить, что в УЗВ имеются условия, когда иммунная система рыб функционирует на низком уровне трат энергии. С этой позиции показательны результаты, полученные нами при выращивании посадочного материала и товарной стерляди в промышленных УЗВ (табл. 66).

Таблица 66 – Значения концентрации лизоцима во внутренних органах у стерляди, мкг/мл

Орган	Посадочный материал	Товарная рыба
Начало исследований		
Печень	0,37±0,01	6,46±0,63
Почка	0,60±0,08	7,44±0,39
Селезенка	0,57±0,11	8,58±1,06
Жабры	0,97±0,06	6,64±0,26
Кожа	0,84±0,15	5,95±0,25
Конец исследований		
Печень	1,24±0,59	6,07±0,46
Почка	0,73±0,11	8,25±0,33
Селезенка	0,61±0,09	5,78±0,32
Жабры	0,73±0,11	7,24±0,50
Кожа	0,95±0,36	6,17±0,43

Обращает внимание низкий уровень концентрации лизоцима в печени как в начале исследований, так и по завершении термостатирования. То, что достоверно подтвердилось различия ($p < 0,001$) в концентрации лизоцима в печени посадочного материала, можно связать с функциональной ролью органа и месте его в структуре неспецифического иммунитета, когда экологические условия УЗВ благоприятны для раскрытия биологической потенции рыб, а бактериальный фон не стимулирует выработку острой реакции иммунной системы. Это подтверждают данные по начальным и конечным концентрациям лизоцима в почке, селезенке, жабрах, коже. Причем разница в концентрациях лизоцима в этих органах относительно не большая (от 0,57 до 0,97 мкг/мл в начале и от 0,61 до 0,95 мкг/мл в конце исследований). Аналогичная тенденция, в том числе показанная для печени, свойственна для стерляди товарной массы (от 5,95 до 8,58 мкг/мл в начале и от 5,78 до 8,25 мкг/мл в конце исследований). То, что для каждого ор-

гана показаны отличные тенденции закономерно связано с их ролью в структуре неспецифического иммунитета у рыб применительно к конкретным условиям УЗВ и применяемой биотехники выращивания посадочного материала и товарной рыбы.

Установленные концентрации лизоцима в органах товарной стерляди позволяют сделать вывод о том, что в промышленных УЗВ, в которых сбалансированы механическая и биологическая очистка воды, применяется блок ингибирования бактерий в циркулирующей воде, создаются благоприятные условия выращивания, соответствующие уровню биотехники. К примеру, по данным Л.Я. Куровской (2015) у товарной стерляди, выращиваемой в садках в хозяйстве, использующем сбросную тёплую воду, концентрации лизоцима в печени достигали $27,3 \pm 3,9$ мкг/мл, в почке $1242,9 \pm 20,00$ мкг/мл, в селезёнке $61,3 \pm 6,3$ мкг/мл [165].

Очевидно, что присущий для гипертермного водоёма пресс эвтрофикации, как следствие повышенная бактериальная обсемененность воды и обрастаний садков, специфика абиотических и биотических условий вынуждают организм рыб тратить большее количество энергии на повышение уровня иммунной защиты.

9.3.2. Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах стерляди

Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах посадочного материала и товарной стерляди находились в том же градиенте превышения у вторых, как это показано ранее для лизоцима (табл. 67). Очевидно, нарастание биомассы рыб с возрастом, приходящейся на объем циркулирующей воды, увеличение органической нагрузки на искусственную экосистему УЗВ, как следствие, повышение бактериального фона, вынуждает организм товарной стерляди поддерживать более высокий уровень иммунной защиты. С этим можно связать более высокую концентрацию γ -глобулинов в жабрах товарной стерляди ($18,83 \pm 0,20$ г·л⁻¹). Высокую концентрацию γ -глобулинов в почке ($22,18 \pm 0,67$ г·л⁻¹) можно связать с тем, что она является важным иммунокомпетентным органом, в котором происходит синтез иммуноглобулинов. Близкая к жабрам оказалась концентрация γ -глобулинов в печени ($18,44 \pm 1,31$ г·л⁻¹) и соответствовала функциональной роли органа, а также участию в синтезе иммуноглобулинов в лимфоцитах.

Таблица 67 – Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах стерляди, г·л⁻¹

Орган	Посадочный материал	Товарная рыба
Печень	$9,90 \pm 2,51$	$18,44 \pm 1,31$
Селезенка	$6,52 \pm 1,10^1$	$13,92 \pm 1,82$
Жабры	$3,29 \pm 0,63^1$	$18,83 \pm 0,20$
Кожа	$3,76 \pm 1,63$	$14,50 \pm 1,34$
Почка	$6,64 \pm 0,71$	$22,18 \pm 0,67$

¹ - различия достоверны при $p < 0,01$

Концентрация γ -глобулинов в селезёнке и коже товарной стерляди была на более низком уровне ($13,92 \pm 1,82$ и $14,50 \pm 1,34 \cdot \text{л}^{-1}$, соответственно). Очевидно, что снижение концентрации в селезенке связано с перераспределением центров синтеза иммуноглобулинов в сторону почки и печени. Наличие слизи в коже, обладающей бактерицидными свойствами, делает достаточным отмеченную концентрацию γ -глобулинов.

Иная картина в распределении γ -глобулинов показана для посадочного материала. Наибольшая концентрация γ -глобулинов ($9,90 \pm 2,51 \cdot \text{л}^{-1}$) установлена в печени, что соответствует более интенсивному обмену веществ у молоди и роли органа в защите от антигенов и синтезе иммуноглобулинов. Средние значения концентраций в селезенке и почке ($6,52 \pm 1,10$ и $6,64 \cdot \text{л}^{-1}$, соответственно) соответствуют снижению их роли в синтезе γ -глобулинов на данном этапе выращивания рыб.

Подтверждением благоприятных абиотических и биотических условий УЗВ служат данные о концентрации γ -глобулинов в коже и жабрах, когда организм молоди экономно расходует энергию на иммунную защиту.

Таким образом, данные о концентрации γ -глобулинов во внутренних органах посадочного материала и товарной стерляди позволяют говорить о стабильности условий выращивания в УЗВ, соответствующих биологическим потребностям рыб.

9.3.3 Концентрации лизоцима во внутренних органах клариевого сома

Выращивание клариевого сома на всех этапах производственного процесса проходит при крайне высокой по сравнению с другими видами рыб плотности посадки. Величина рыбопродукции как по посадочному материалу, так и по товарной рыбе может достигать до $400-500 \text{ кг/м}^3$. Соответственно, органическая нагрузка на экосистему УЗВ велика, что опосредуется в повышенном бактериальном фоне. К тому же, как правило, при высокой мутности воды эффективность ультрафиолетового облучения понижена. Однако, как отмечалось выше, клариевый сом способен выдерживать концентрации аммиака и аммония, нитритов и нитратов на порядок выше, чем другие рыбы [497].

Анализ данных по концентрации лизоцима во внутренних органах посадочного материала, когда величина рыбопродукции не превышает 200 кг/м^3 , показывает, во-первых, относительно равномерное распределение неспецифического иммунитета в исследованных органах. Начальные концентрации находились в достаточно узком диапазоне значений ($0,53-0,77 \text{ мкг/мл}$) (табл. 68).

После термостатирования она достоверно увеличилась в печени, селезёнке и коже. Можно признать, что потенциал иммунной системы сосредоточен в этих органах. То, что в жабрах концентрация лизоцима осталась на исходном уровне согласуется с пониженной функ-

цией жабр в дыхании, поскольку основную роль играет лабиринтовый орган. Поэтому организму не целесообразно поддерживать на высоком уровне потенциал неспецифического иммунитета в жабрах.

Таблица 68 – Концентрация лизоцима внутренних органах посадочного материала клариевого сома, мкг/мл

Орган	Начальная концентрация	Конечная концентрация
Печень	0,58±0,12 ¹	3,33±0,31 ¹
Селезенка	0,53±0,09 ¹	1,34±0,16 ¹
Жабры	0,60±0,15	0,90±0,09
Кожа	0,77±0,16 ²	2,13±0,53 ²

¹ – достоверно при $p < 0,001$, ² – достоверно при $p < 0,05$

Увеличение начальной концентрации лизоцима у рыб товарной массы, разделенных в исследованиях на самцов и самок, по сравнению с посадочным материалом, можно связать с возрастанием органической нагрузки и бактериального фона в экосистеме УЗВ, когда величина рыбопродукция увеличивается до 320 - 400 кг/м³. Причём, как и в ранее рассмотренном варианте различия в концентрации лизоцима у самцов и самок в органах были незначительны (2,8 – 3,33 и 2,85 – 3,05 мкг/мл, соответственно).

При видимом увеличении конечных концентрации лизоцима у самцов (кроме кожи), уменьшения у самок, различия оказались недостоверными. Кроме селезёнки, в которой конечная концентрация лизоцима у самок оказалась выше, чем у самцов ($p < 0,05$). Это можно объяснить тем, что у самок интенсивность генеративного обмена выше, чем у самцов, что требует мобилизации иммунитета, а селезенка является одним из центров синтеза лизоцима.

В целом же, можно признать, что концентрационные показатели лизоцима равномерно распределены между органами, находятся на уровне значений, отражающих стабильность экосистемы по абиотическим и биотическим факторам. Бактериальная обсемененность среды такова, что она не вызывает острой реакции иммунной системы. К тому же повышенная плотность посадки, активность при кормлении исключает формирование в бассейнах зон скопления органического осадка, в котором могут формироваться высокие концентрации условно-патогенных бактерий.

9.3.4 Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах клариевого сома

Ни один из современных объектов выращивания в УЗВ не обладает такой высокой скоростью роста как клариевый сом, что подтверждено нашими исследованиями. Наиболее интенсивный и эффективный рост, подтверждаемый величиной кормового коэффициента (0,65-

0,8), отмечают на этапах выращивания сома до массы 500 – 800 г, когда возрастает доля обменной энергии, направляемой на генеративную составляющую. С этим можно связать высокую концентрацию γ -глобулинов у посадочного материала в печени и селезёнке (табл. 69), органах, в которых происходит синтез иммуноглобулинов. Значения ($20,21 \pm 2,08$ и $14,30 \pm 1,25$, соответственно) в 3-4 раза превосходящие фиксируемые в жабрах и коже ($5,26 \pm 0,91$ и $4,87 \pm 0,83$, соответственно). Столь значительная разница говорит, с одной стороны, о сосредоточении иммунного потенциала в двух взаимосвязанных органах, обеспечивающих эффективность обмена веществ, через которые циркулирует кровь, переносящая органические и минеральные субстанции. С другой, об отсутствии напряжения иммунной системы на границе контакта внутренней среды организма с внешней, что может свидетельствовать о качестве циркулирующей в УЗВ воды, соответствующем биологическим потребностям посадочного материала.

Таблица 69 – Концентрация гамма-глобулинов во внутренних органах клариевого сома, $\text{г} \times \text{л}^{-1}$

Орган	Посадочный материал	Самки	Самцы
Печень	$20,21 \pm 2,08^1$	$6,34 \pm 0,86^1$	$4,59 \pm 0,12^1$
Селезенка	$14,30 \pm 1,25^1$	$4,56 \pm 0,62^1$	$4,07 \pm 0,009^1$
Жабры	$5,26 \pm 0,91$	$4,57 \pm 0,60$	$5,12 \pm 0,27$
Кожа	$4,87 \pm 0,83$	$5,85 \pm 0,68$	$4,26 \pm 0,32$

*Различия достоверны при $p \leq 0,001$

Аналогичная картина в концентрации γ -глобулинов в жабрах и коже отмечена у рыб с выраженными вторичными половыми признаками. В то же время концентрация γ -глобулинов в печени и селезенке снизилась до значений, близких к отмечаемым в жабрах и коже. Следует признать, что такое распределение γ -глобулинов в организме самцов и самок может говорить о сбалансированности обмена веществ, с одной стороны, о соответствии условий выращивания биологическим требованиям рыб, с другой. Как следствие, снижение трат энергии на поддержание иммунного ответа. Подтверждением этому может рассматриваться незначительное по сравнению с другими рыбами, достигшими половой зрелости, снижение скорости роста самцов и самок сома.

9.3.5 Концентрация лизоцима во внутренних органах судака

Стабильность условий выращивания посадочного материала судака подтверждают данные по начальной и конечной концентрации лизоцима во внутренних органах (табл. 70).

Только в печени установлены достоверные различия в конечной и начальной концентрации ($2,32 \pm 0,20$ против $1,33 \pm 0,44$ мкг/мл при $p < 0,05$). Столь же значимым было превышение начальной и конечной концентрации лизоцима в печени посадочного материала по отношению

к величине показателя в почке, селезёнке, жабрах, коже. Очевидна определяющая в иммунном статусе молоди судака роль печени как центра синтеза белка, гликогена, обеззараживания организма от чужеродных белков.

Таблица 70 – Концентрация тканевого лизоцима в организме посадочного материала судака, мкг/мл

Орган	Начальная концентрация	Конечная концентрация
Печень	1,33±0,41	2,32 ±0,20
Почка	0,82±0,24	0,52±0,19
Селезенка	0,89±0,20	0,82±0,17
Жабры	0,55±0,19	0,33±0,08
Кожа	0,81±0,08	0,40±0,09

Поскольку судак в наших исследованиях проходил первые этапы доместикации в условиях УЗВ можно предположить, что на поддержание на уровне низких значений концентраций лизоцима в большинстве органов повлиял сезонный фактор, поскольку при наступлении осенне-зимнего периода концентрация лизоцима у рыб, как правило, снижается. В то же время концентрация факторов специфического иммунитета (комплимент, γ -глобулины и т.д.) увеличивается [174, 216].

Если при выращивании посадочного материала величина рыбопродукции не превышала 30-40 кг/м³, то при выращивании товарного судака приближалась к 100 кг/м³. Это не могло не отразиться на органической нагрузке на экосистему УЗВ, возрастании бактериальной обсемененности циркулирующей воды. Поэтому логичным представляется, что концентрации лизоцима во внутренних органах была выше (табл. 71).

Таблица 71 – Концентрация тканевого лизоцима в организме товарного судака, мкг/мл

Орган	Начальная концентрация	Конечная концентрация
Печень	2,64±0,01	3,63±0,16
Почка	2,98±0,15	4,08±0,19
Селезенка	2,83±0,46	3,20±0,15
Жабры	1,14±0,12	3,63±0,19
Кожа	2,86±0,54	3,10±0,15

Несмотря на видимые различия в начальной и конечной концентрации лизоцима в большинстве внутренних органах товарного судака достоверными оказались различия только в конечной и начальной концентрации лизоцима в печени (3,63±0,16 против 2,64±0,01 при $p \leq 0,05$). С одной стороны, это подтверждает значимость печени в структуре иммунного ответа, с другой, стабильность условий выращивания товарного судака в УЗВ.

Таким образом, можно признать, что условия выращивания посадочного материала и товарной рыбы в УЗВ, определяемые суммой абиотических и биотических факторов, в том числе качественным и количественным составом микрофлоры, были благоприятными.

9.3.6 Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах судака

Увеличение концентрации γ -глобулинов во внутренних органах посадочного материала и товарного судака согласуется с ранее приведённым положением о связи факторов специфического иммунитета (табл. 72).

Таблица 72 – Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах судака, $\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$

Орган	Посадочный материал	Товарная рыба
Печень	4,21±1,13	9,84±1,39
Почка	7,00±1,13	6,49±0,67
Селезенка	4,47±1,42	4,53±0,24
Жабры	5,17±1,18	4,72±0,78
Кожа	7,56 ± 2,18	7,08±1,18

Видимые изменения в концентрациях γ -глобулинов в большинстве органов, отмечаемые в возрастном аспекте оказались недостоверными. Уровень достоверности $p < 0,01$ подтвердился только для печени, что согласуется с ранее отмеченной ролью печени в организме, в том числе в формировании иммунного ответа. Обращает внимание смещение центра специфического иммунитета в почку, где концентрация γ -глобулинов близка к наибольшим значениям (6,49 – 7,0 $\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$) и кожу (7,08 – 7,56 $\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$). Очевидно взаимодействие в системе защиты организма от антигенов и чужеродных веществ трех основных барьеров: двух внутренних, которыми являются печень и почка, в которых происходит синтез γ -глобулинов и одного внешнего, каковым является кожа вместе со слизью, играющей важную роль в препятствовании проникновения внутрь организма бактерий, вирусов, грибов [176, 180].

Таким образом, данные исследований подтвердили благоприятные условия выращивания посадочного материала и товарного судака. В основе заключения стабильность концентраций γ -глобулинов в большинстве органов.

9.3.7 Концентрация лизоцима во внутренних органах угря

Угорь является не domestцированным объектом поскольку до настоящего времени не разработана технология его разведения. Поэтому интерес представляет как изменялся иммунный статус, определяемый концентрацией лизоцима в сезонном аспекте (табл. 73).

Таблица 73 – Концентрация лизоцима во внутренних органах угря

Органы	Начальная концентрация			Конечная концентрация		
	Возраст, мес			Возраст, мес		
	13	15	19	13	15	19
Печень	3,04	0,53	3,23	3,25	1,28	4,45
Селезенка	1,05	0,68	3,7	0,46	2,35	4,16
Жабры	1,33	0,53	3,15	1,27	1,43	3,98
Кожа	1,42	0,53	2,98	0,93	1,36	3,88

Возраст 13 мес соответствует началу весеннего сезона. Очевидно проявляется ведущая роль печени в формировании иммунного ответа. В этом органе концентрации лизоцима оказались наибольшей (3,04±0,22). Концентрация лизоцима в селезенке оказалась близкой к значениям, отмечаемым в жабрах и коже. Таковую ситуацию в распределении лизоцима можно признать соответствующей благоприятным условиям выращивания, определяемым суммой действия абиотических и биотических факторов, среди которых уровень обсемененности экосистемы УЗВ бактериями.

Концентрация лизоцима в органах угря летом в возрасте 15 мес оказалась наименьшей в узком диапазоне значений (0,53 – 0,68). Это говорит, с одной стороны, о соответствии условий выращивания высокому уровню разрешения у рыб биологической потенции. С другой стороны, о низкой трате энергии организмом на иммунный ответ. В то же время, если судить по конечным концентрациям, имеется резерв для реализации неспецифического иммунитета на более высоком уровне. Аналогично реагировала иммунная система угря в возрасте 19 месяцев на условия выращивания. Более высокие начальные и конечные концентрации согласуются с увеличением величины рыбопродукции до значений близких к 200 кг/м³ и возрастанием органической нагрузки на экосистему УЗВ, как следствие бактериальной обсемененности экосистемы УЗВ. При этом обращает на себя внимание то, как распределяется лизоцим во внутренних органах угря данного возраста. Это распределение равноценное, что может говорить о стабильности условий выращивания.

Таким образом, очевидно влияние сезонного фактора на иммунный статус угря, определяемый концентрацией лизоцима во внутренних органах, с одной стороны. Наиболее благоприятным условиям, при которых в наибольшей степени разрешается у рыб биологическая потенция, соответствуют самые низкие концентрации лизоцима во внутренних органах, с другой стороны. Наконец, при достижении высокой величины рыбопродукции концентрация лизоцима равномерно увеличивается во всех органах, но в пределах значений, которые соответствуют энергетически малозатратному формированию иммунного статуса.

9.3.8 Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах угря

Если в возрастной динамике лизоцима просматривается заметное снижение концентрации во всех органах только в период, который в природных условиях соответствует пику летнего сезона, то в возрастной динамике концентраций γ -глобулинов выражено стабильное снижение величины показателя с возрастом (рис. 76).

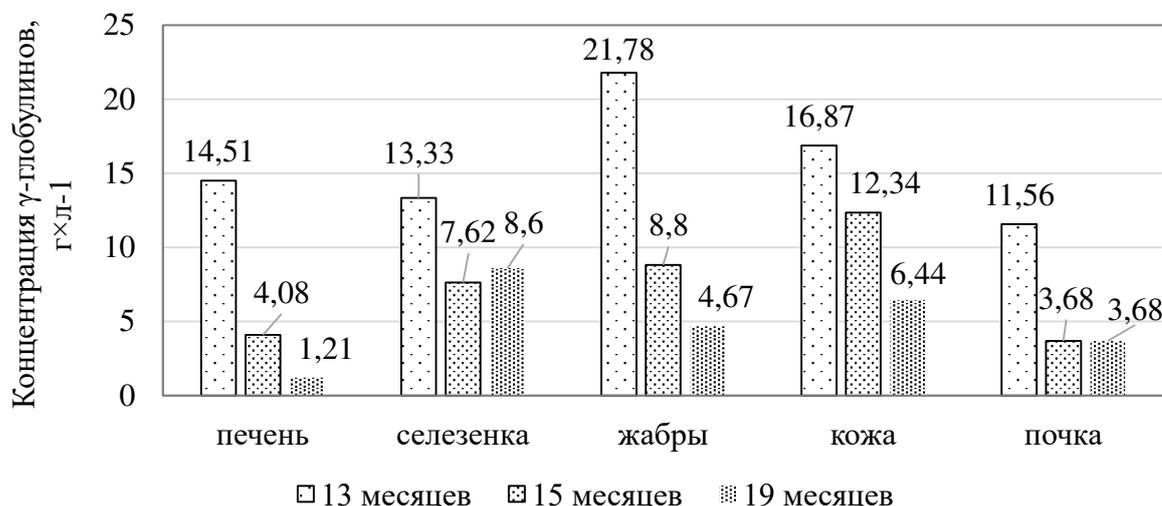


Рисунок 76 - Изменение концентрации γ -глобулинов в организме угря, при выращивании в УЗВ

Наибольшая концентрация γ -глобулинов отмечена у угря в возрасте 13 месяцев. Причём во всех исследованных органах. Особенностью является существенное превышение величины показателя в жабрах ($21,78 \pm 2,36 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) и почках ($16,87 \pm 2,00 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) по отношению к печени ($14,51 \pm 1,14 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$), селезенке ($13,33 \pm 2,71 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) и почке ($11,56 \pm 1,34 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$). Достоверность подтверждена при $p < 0,001$. Поскольку последние три органа являются иммунокомпетентными и рассматриваются как центры синтеза иммуноглобулинов, то можно предположить, что специфический иммунитет в большей степени проявляется в тех органах, которые являются первым барьером проникновения антигена в организме. Объективно это связано с особенностью поведения угря, когда большую часть суток, за исключением периодов кормления, угорь собирается в плотные скопления на дне бассейнов и в "гамаках". Длительный тактильный контакт рыб, по всей видимости, обосновывает необходимость более высокого уровня иммунной защиты. У угря в возрасте 15 месяцев отмечены промежуточные значения концентрации γ -глобулинов. Максимальная в коже ($12,34 \pm 1,16 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$), минимальная в почке ($3,68 \pm 0,76 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$). Средние значения в селезенке ($7,62 \pm 1,04 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) и жабрах ($8,8 \pm 1,12 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$). Достоверность различий подтверждается при $p < 0,01$. В печени ($4,08 \pm 0,81 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) и почке значения показателя были достоверно ниже, чем на промежуточном уровне ($p < 0,01$). На основании этих данных можно заключить, что роль кожи и жабр, как основной линии иммунной защиты, сохраняется, возрастает значение селезенки,

одного из центров синтеза иммуноглобулинов. То, что самая низкая концентрация γ -глобулинов установлена в печени и почке говорит, с одной стороны, о здоровье рыб, отсутствии необходимости синтеза γ -глобулинов в органах, регулирующих интенсивность обмена веществ в организме, с другой стороны. Эту особенность подтверждают данные по концентрации γ -глобулинов в печени и почке у угря в возрасте 19 месяцев ($1,21 \pm 0,47$ и $3,68 \pm 1,16$ г·л⁻¹). Обращает внимание заметное снижение концентрации γ -глобулинов по сравнению с предыдущим периодом в жабрах и коже ($4,67 - 6,44$ г·л⁻¹). Некоторое возрастание в селезенке, очевидно, опосредуется с ролью поставщика γ -глобулинов в другие органы и ткани. Близкое к этой концентрации ($8,6 \pm 1,52$ г·л⁻¹) показано в работе [542], исследовавших сыворотку крови угря ($9,32 - 9,77$ г·л⁻¹).

Анализ полученных данных по концентрации γ -глобулинов во внутренних органах позволяет, с одной стороны, рассматривать условия выращивания угря в УЗВ как благоприятные, в том числе, по бактериальному обсеменению искусственной экосистемы. С другой стороны, временная динамика концентрационных показателей прямолинейная и направлена в сторону понижения значений от начала к концу года. Поэтому можно признать, что у угря, выращиваемого в УЗВ, развитие иммунной системы не подтверждено закономерностью, связанной с влиянием сезонного фактора, как это показано для рыб, выращиваемых в открытых рыбоводных системах.

9.3.9 Концентрация лизоцима во внутренних органах радужной форели

Анализ данных по начальной концентрации лизоцима во внутренних органах молоди радужной форели в возрасте 4 месяцев показывают относительно небольшое различие в величине показателя ($0,31 - 0,44$ мкг/мл), что можно рассматривать с позиции благополучия среды обитания рыб и соответствии биотехники уровню разрешения биологической потенции (рис. 77). После термостатирования конечная концентрация лизоцима заметно увеличилась ($p < 0,001$) в жабрах, коже и селезенке ($1,02 - 1,46$ мкг/мл), что соответствует роли кожи и жабр в общей системе иммунной защиты как первого барьера проникновения антигенов. Высокая концентрация лизоцима в селезенке объяснима с позиции участия её в кроветворении и синтезе лизоцима. У посадочного материала в возрасте 8 месяцев диапазон значений концентрационного показателя был несколько шире ($0,29 - 0,53$ мкг/мл), но в пределах не достоверных значений. После термостатирования конечная концентрация лизоцима увеличилась также во всех органах, больше в печени и коже. Но достоверно только в коже $p < 0,01$, что подтверждает значимость первого барьера защиты от антигенов.

Анализируя данные по начальной концентрации лизоцима во внутренних органах самок и самцов форели в возрасте 18 месяцев следует отметить относительно небольшие отличия в

величине показателя (0,25 – 0,41 мкг/мл). Минимальная концентрация отмечена в селезенке самцов (0,25±0,14 мкг/мл) и самок (0,31±0,09 мкг/мл). Максимальная в коже у самцов (0,41±0,01 мкг/мл) и жабрах у самок (0,41±0,09) (рис. 78).

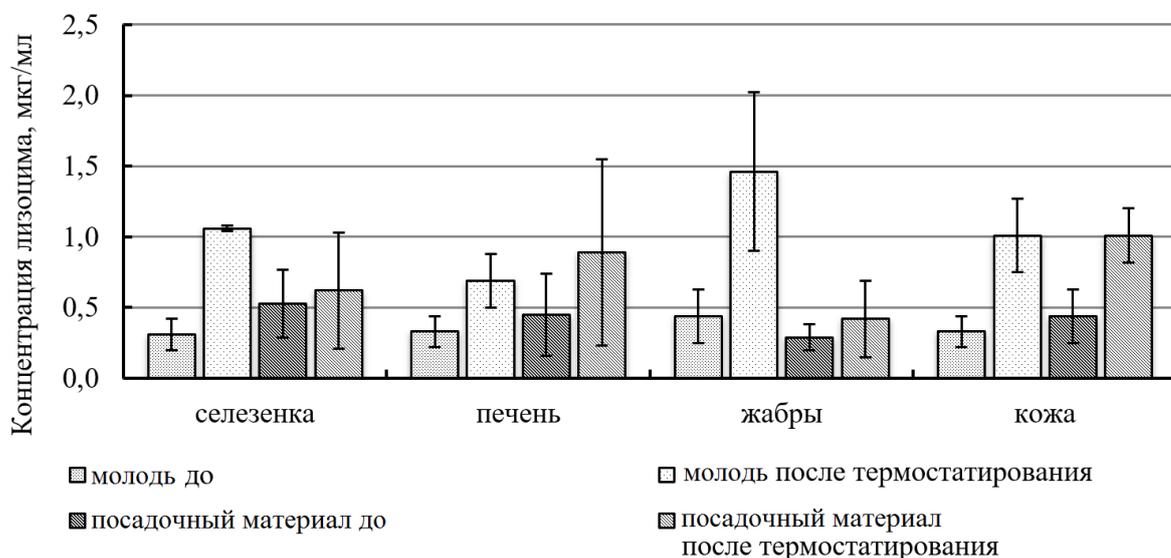


Рисунок 77 – Изменение концентрации лизоцима до и после проведения термостатирования в организме молоди и посадочного материала радужной форели

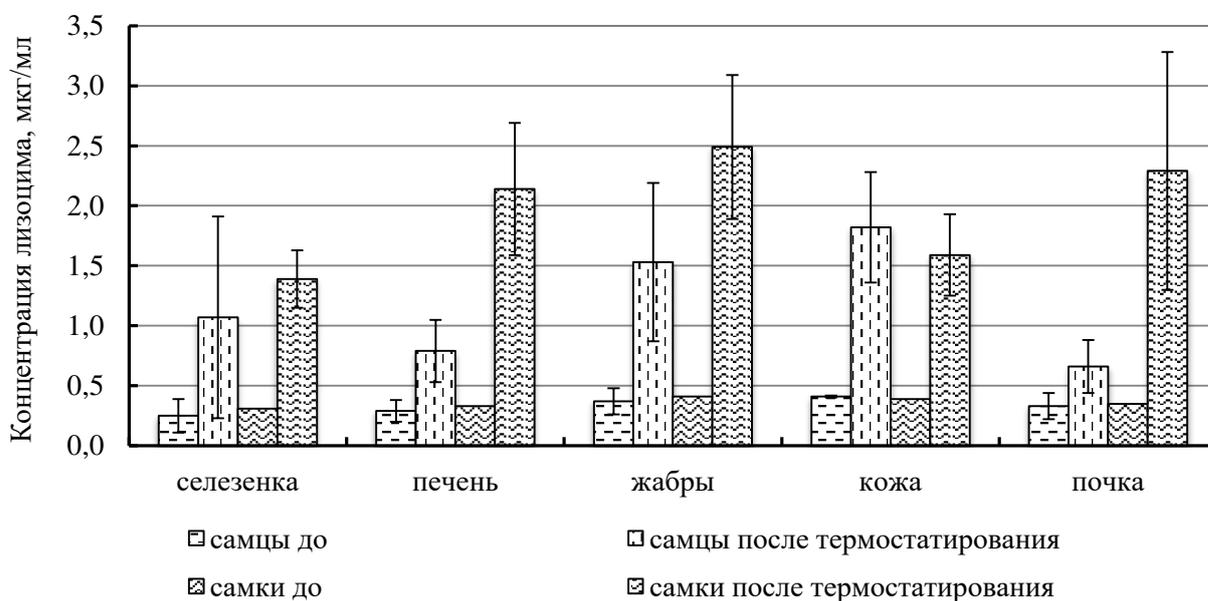


Рисунок 78 – Изменение концентрации лизоцима до и после проведения термостатирования в организме самцов и самок радужной форели

На основании этих данных можно судить о равнозначности распределения иммунного ответа во внутренних органах самцов и самок, в целом, об удовлетворительных условиях вы-

рацивания рыб. Заметное увеличение конечной концентрации лизоцима во всех внутренних органах по сравнению с начальной ($p < 0,01$) говорит о потенциале защиты организма рыб от антигенов. Большие изменения концентрационных показателей были у самок, что закономерно можно связать с завершающим этапом созревания яйцеклеток и возможностью мобилизации иммунной защиты, прежде всего в жабрах, селезенке и печени. Последние два органа в этот период испытывают существенное напряжение в синтезе белка, углеводов, кроветворении, а жаберы наряду с кожей являются первым барьером в иммунной защите. У самцов лизоцим в большей степени перераспределен между печенью, кожей, жабрами и селезенкой.

9.3.10 Концентрация γ -глобулинов во внутренних органах форели

Возрастные изменения в концентрациях γ -глобулинов у молоди форели в возрасте 4 и 8 мес носили определенную закономерность (рис. 79). Концентрация γ -глобулинов возрастала в органах, в которых происходит синтез иммуноглобулинов. В селезенке от $6,30 \pm 1,69$ до $7,58 \pm 1,37$ г·л⁻¹, в печени от $5,51 \pm 0,74$ до $7,23 \pm 1,89$ г·л⁻¹. В жабрах и коже, выполняющих функцию первого барьера защиты организма от проникновения антигенов, концентрация снижалась от $9,44 \pm 0,74$ до $6,44 \pm 2,14$ г·л⁻¹ и от $9,64 \pm 1,00$ до $3,53 \pm 0,77$ г·л⁻¹, соответственно. В основе таких изменений может быть перераспределение уровня иммунной защиты с учетом происходящей перестройкой обмена веществ, появлением составляющей генеративного обмена [220]. Наконец, улучшения условий выращивания, уменьшения бактериальной обсемененности циркулирующей воды.

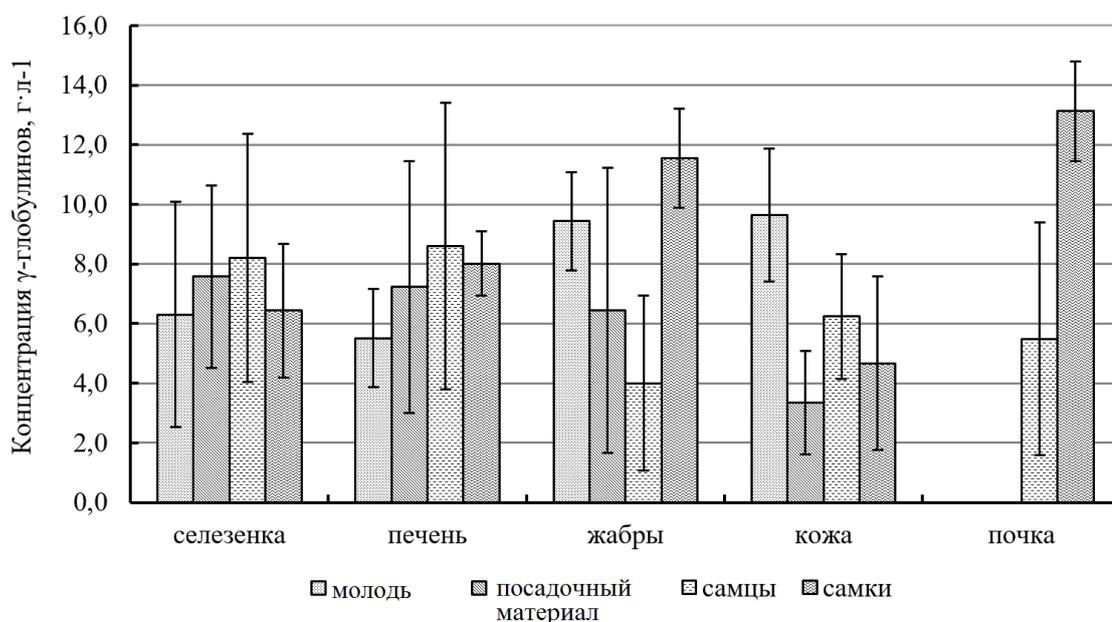


Рисунок 79 – Изменение концентрации γ -глобулинов в органах радужной форели

У самцов форели отмечено превышение концентрации γ -глобулинов по сравнению с самками в печени, селезёнке, коже ($8,60 \pm 1,87$, $8,21 \pm 1,87$, $4,67 \pm 1,31$ г·л⁻¹, соответственно). У самок только в почке ($13,13 \pm 0,88$ против $5,52 \pm 1,08$ г·л⁻¹ у самцов) и жабрах ($11,55 \pm 0,74$ против $4,00 \pm 1,31$ г·л⁻¹ у самцов).

Достоверность различий в концентрации γ -глобулинов между самками и самцами подтверждена для почки ($p < 0,01$) и жабр ($p < 0,001$). Из данных видно, что ведущую роль в специфическом иммунитете у самок играют жабры и почки. Высока роль печени и селезенки. У самцов ведущую роль играет селезенка и печень.

Таким образом, в условиях УЗВ у выращиваемых рыб проявляется особый иммунный статус, в основе которого специфические условия выращивания, отличные от тех, которые фиксируют в открытых рыбоводных системах. Управляемый температурный, газовый режим, величина водородного показателя, концентрация азотистых соединений, плотности посадки, режимы и качество кормления, статичный фотопериод, специфический фон бактериального обсеменения в совокупности действия определяют величину концентрации лизоцима и γ -глобулинов. В результате можно признать, что в УЗВ выращивали здоровую рыбу, раскрывающую биологическую потенцию на уровне значений, определяемых условиями среды обитания.

ВЫВОДЫ

1. Временная структура нерестового хода щуки была представлена 2-3 волнами, рыбаца 3 волнами, линия 2-5 основными. В нерестовой части популяций преобладали средне-возрастные производители, продуцирующие качественные половые продукты;

2. Ростовая и адаптогенная потенция раскрывалась на высоком уровне у молоди щуки, рыбаца, стерляди при температуре 18-22°C, у линия и рыбаца 24-26°C; а также при солёности воды 0-5‰ (рыбец, щука, линь, стерлядь) и при pH от 5 до 9;

3. Максимальная реализация ростовой и адаптогенной потенции достигалась: щука- личинок при плотности посадки 75-100 тыс.шт./м³, личинок 5 тыс.шт./м³ (выживаемость 90 и 50%, соответственно); рыбец- личинок и мальков 5-10 тыс.шт./м³, сеголетков и годовиков 5 тыс.шт./м³(80 и 85%); линь- личинок 50 тыс.шт./м³, 0,5-1 г мальков 3-4 тыс.шт./м³, 3 г сеголетков 2 тыс.шт./м³ (90,90,95%); стерлядь- личинок 3-5 тыс.шт./м³, 1 г мальков 1,2-1,5 тыс.шт./м³, 3 г молоди 1 тыс.шт./м³(50,80,90%); угорь- мальков 7-10 тыс.шт./м³ (85%).

4. Приёмная ёмкость экосистемы пастбищных водоёмов в посадочном материале составляет: Куршский залив - рыбац 3480 тыс.шт., щука 12000 тыс.шт.(личинки), линь 4080 тыс.шт., угорь (3-5г) 2700 тыс.шт., угорь (35-50г) 337,5 тыс.шт., Ожидаемый промысловый возврат может составить: рыбац 43 т, щука 40т, линь 61т, стерлядь 33т, угорь 270 т; Калининградский залив - щука 4750 тыс.шт.(личинки), угорь(3-5г) 930 тыс.шт., угорь (35-50 г) 116 тыс.шт. Ожидаемый промысловый возврат может составить: щука 14 т, угорь 93т; озеро Виштынецкое – угорь (3-5г) 66,6 тыс.шт..Ожидаемый промыслоавый возврат может составить 5,3т. Суммарный промысловый возврат может составить 558 т.

5. Производственный потенциал искусственного воспроизводства представленный, преимущественно, установками замкнутого цикла водообеспечения целесообразно разместить: **щука и линь** – стрелка р. Матросовка и Приморского канала в районе насосной станции; **стерлядь и линь** – искусственные водоёмы на польдерных территориях в районе п.Головкино, бассейн Куршского залива; **щука** – береговая зона р.Прохладная выше п.Ушаково, бассейн Калининградского (Вислинского) залива; **угорь** – г.Светлый и п. Космодемьянского г.Калининграда – артезианские скважины, вода из которых не требует дополнительной очистки; **рыбец** - нижний бьеф плотины на р. Шешупе в районе г.Краснознаменска;

6. Управляемый режим содержания рыб в УЗВ обеспечивает созревание производителей стерляди в возрасте 36-48 мес., канального сома 18-26 мес., клариевого сома 9-14 мес., судака 24-36 мес., радужной форели 19-24 мес.

Посадочный материал стерляди достигает массы 20 г за 80-85 сут., при средней величине $K_m=0,11$ и выживаемости 70%, канального сома массы 30 г за 130-140 сут., $K_m=0,067$, выжива-

емости 70%, клариевого сома массы 30 г за 40-45 сут., $K_m=0,225$, выживаемости 70% ,судака массы 20 г за 115-120 сут., $K_m=0,063$, выживаемости 70%, угря массы 10 г за 100 сут., $K_m=0,065$, выживаемости 85-90%, радужной форели массы 30 г за 75 сут., $K_m= 0,1$, выживаемости 70-85%.

Товарной массы 300-500 г стерлядь достигает через 120-130 сут., массы 800-1000 г через 190-200 сут., при средней величине $K_m= 0,109$ и $0,051$, выживаемости 75-80%, соответственно, канальный сом массы 450-500 г через 180 сут., при $K_m=0,145$, выживаемости 90%, клариевый сом массы 1000 г через 120-150 сут., массы 2000 г через 180-200 сут., при $K_m= 0,153$ и $0,131$, выживаемости 70-80%, соответственно, судак массы 300-500 г через 240-280 сут., массы 800-1000 г через 420-450 сут., при $K_m= 0,054$ и $0,048$, выживаемости 90-95%, соответственно, угорь массы 150 г через 270-290 сут., массы 700 г через 510-540 сут., при $K_m=0,035$ и $0,037$, выживаемости 85-90%, соответственно, радужной форели массы 300 г через 165 сут., при $K_m=0,065$, выживаемости 95%.

7. При реализации полициклических технологий целесообразно сформировать группы производителей, созревающих в равноотстоящие сроки: стерлядь – 4 группы с интервалом 3 мес., судак – 4 группы с интервалом 3 мес., канальный сом – 3 группы с интервалом 2 мес., клариевый сом – 3 группы с интервалом один мес. При этом достигается эффект многократного в течение года использования бассейнов для выращивания посадочного материала и товарной рыбы, как следствие, кратного увеличения величины рыбопродукции.

8. Морфо-физиологические, гематологические и иммунологические особенности объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры проявлялись с учётом размерно-возрастных и половых различий. Преимущественно лимфоидный характер белой крови подтверждает соответствие условий УЗВ разрешению биологической потенции выращиваемых рыб.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для сохранения популяционной структуры популяций рыбца, щуки, линя в пастбищных водоёмах необходимо использовать в процессе искусственного воспроизводства производителей из всех фиксируемых волн нерестового хода:

2. В процессе искусственного воспроизводства рыбца, щуки, линя, стерляди, выращивания в УЗВ посадочного материала и товарной стерляди, канального и клариевого сома, судака, угря, радужной форели целесообразно использовать разработанные рыбоводно-биологические нормативы;

3. При эксплуатации УЗВ целесообразно использовать полицикличные технологии формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад стерляди, судака, канального и клариевого сома, выращивания посадочного материала и товарной рыбы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция экосистем важнейших для региона рыбохозяйственных водоемов, воздействие многих факторов, в том числе антропогенного происхождения привели к ситуации, когда достаточно длительное время отмечается диспропорция в структуре промысла в сторону превосходства массовых, но относительно дешевых рыб. В Куршском заливе доля ценных экономикообразующих объектов промысла (угорь, щука, линь, рыбец) в российской части снизилась до 1 % в весовом и 4 % в стоимостном выражении. В Калининградском (Вислинском) заливе уловы угря снизились не менее чем в 30 раз по сравнению с 70-80-ми годами прошлого столетия. Следствием этого является низкая рентабельность промысла, потеря рыбодобывающими, рыбоперерабатывающими организациями статуса градообразующих предприятий, снижение уровня доходов и качества жизни населения, проживающего в районах, прилегающих к рыбохозяйственным водоемам.

Анализ сложившейся ситуации показывает, что единственным способом восстановления в относительно короткий исторический период запасов ценных видов рыб, является искусственное их воспроизводство с последующим пастбищным нагулом.

Рассматривая технологии пастбищной аквакультуры в разрезе составляющих элементов, была проведена оценка биологического статуса рыб, предложены технические решения при создании материально-технической базы искусственного воспроизводства, разработана биотехника разведения и выращивания посадочного материала, дана оценка приемной емкости рыбохозяйственных водоемов в зарыбляемой молоди и ожидаемой величине промыслового возврата. Впервые установленная временная структура нерестового хода щуки, рыбака, линя позволяет придать работе предприятий по искусственному воспроизводству плановый характер, согласующийся с необходимостью сохранения структуры популяций и генетического разнообразия воспроизводимых рыб.

Исследования реакции молоди рыб на действие основных и лимитирующих абиотических и биотических факторов позволили обосновать биотехнику ее выращивания в искусственных условиях, с одной стороны, возможность выживания в условиях пастбищных водоемов, с другой.

Была установлена закономерность в разрешении ростовой потенции у молоди, определяемая скоростью массонакопления. В основе относительно низких значений коэффициента массонакопления следует рассматривать низкий уровень доместикации. Подтверждением этому служат данные о скорости массонакопления молоди рыб, прошедших длительную доместикацию, в том числе молоди стерляди, объекта исследования.

Исследования, направленные на установление размера молоди, согласующегося с возможной величиной промыслового возврата, подтвердили целесообразность использования

установок замкнутого цикла водоснабжения для ее выращивания. В связи с этим обоснованы места размещения предприятий по искусственному возрасту. Нарботанный длительный опыт строительства и эксплуатации УЗВ позволил предложить оптимальные технические решения с позиции подбора и размещения технических средств. Предложить с целью повышения промышленного возврата и закрепления у выпускаемых рыб привязанности к «родной» реке, мобильные технологические модули, которые целесообразно размещать в привязке к нижнему течению рек перед впадением в заливы. При искусственном воспроизводстве щуки в нижнем течении рр. Матросовка, Тава, Немонин, Прохладная и других, в которых отлавливают производителей. Для УЗВ по искусственному воспроизводству лия обоснована возможность одомашнивания «диких» производителей с последующим использованием их для получения потомства. Технические решения, предложенные для полноциклических производств по выращиванию посадочного материала учитывают принцип минимизации прессы продуктов метаболизма рыб на открытые водоисточники. Для этого предусмотрена локализация части технологической воды, ежесуточно выводимой из УЗВ, вывоз органического осадка в качестве удобрения на сельхозугодия [22, 295].

Технические решения, примененные в УЗВ для выращивания посадочного материала угря, ориентированы на учет поведенческих особенностей молоди, частоты сортировок, появления новых технических конструкций (кормушки, «гамаки» для отдыха рыб) и ограниченные в размерах бассейны.

Полноциклический и завершённый характер производства подтверждает разработанная биотехника искусственного воспроизводства (исключение угорь, поскольку выращивание начинают от стекловидных личинок), отражающая последовательность этапов: оценки качества производителей, отлавливаемых в период нерестового хода и помещаемых на выдерживание в бассейны, отработка схем гипофизарных инъекций, методов осеменения и обесклеивания икры и ее инкубации, выдерживания предличинок, подращивания и выращивания личинок, выращивания разноразмерной молоди, выпуска ее в пастбищные водоемы.

Учет влияния абиотических и биотических факторов в ходе экспериментов позволил предложить диапазоны значений температуры воды, содержания растворенного в воде кислорода, рН, уровня воды, водообмена, плотности посадки, суточных доз кормления и других, прямо или косвенно оказывающих воздействие на результаты выращивания. Выделение периодов, когда в течение вегетационного сезона у молоди достигается масса, соответствующая высокому адаптационному статусу и период, когда молодь, не достигшая указанных размерно-весовых кондиций, остается на дорощивание до весны следующего года, позволяет, с одной стороны, сохранить численность выращиваемого посадочного материала, с другой, повысить величину промышленного возврата.

.Результатом разработки технологий пастбищной аквакультуры явились рыбоводно-биологические нормативы, применение которых позволит обеспечить регулярное вселение на пастбищный нагул молоди в соответствии с установленной приемной емкостью экосистем рыбохозяйственных водоемов. При расчете приемной емкости использована преобразованная формула (Лейс, Задоев, 1973), учитывающая влияние на вселяемых рыб основных лимитирующих абиотических факторов, обеспеченность их пищей и промысловую рыбопродуктивность. Расчеты проведены с учетом индивидуальных особенностей водоемов и нагуливающих в них рыб.

Индустриальная аквакультура, учитывая продолжительность заверщенного цикла выращивания, позволяет в наиболее короткие сроки произвести товарную продукцию и наполнить ею потребительский рынок региона. В большей мере этому соответствуют установки замкнутого водоснабжения, в которых исключено влияние природно-климатических явлений на процессы разведения и выращивания рыб.

Исследованиями были охвачены ранее отсутствующие в региональной аквакультуре стерлядь, клариевый и канальный сомы, судак, угорь. Разработка технологий формирования и эксплуатации маточных стад и выращивания посадочного материала и товарной рыбы в УЗВ по судаку, канальному сому была проведена впервые в России. То же по технологии формирования и эксплуатации маточного стада радужной форели в УЗВ. Поэтому их можно рассматривать в качестве базовых для тиражирования в пределах РФ.

Оценка рыбоводно-биологических особенностей стерляди, канального и клариевого сомов, судака дана с учетом их проявления на всех этапах технологического процесса: формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад, выращивания посадочного материала и товарной рыбы. По угрю рыбоводно-биологические особенности учтены с момента завоза стекловидных личинок и далее на этапах выращивания посадочного материала и товарной рыбы. Влияние специфических условий УЗВ, проявляемых в температурном режиме, насыщении воды кислородом, величине водородного показателя, концентрации самой токсичной формы азота – нитритов, плотности посадки, режимах кормления, оценивали по срокам созревания производителей, качеству половых продуктов, скорости роста (скорость массонакопления), выживаемости личинок, мальков, молоди (посадочного материала) и товарной рыбы, эффективности конвертации пищи на прирост массы рыб.

Установленные закономерности влияния указанных факторов обосновывают продолжительность этапов выращивания, размерно-весовые кондиции посадочного материала, товарной рыбы и величину рыбопродукции. Проведение исследований в условиях опытных и промышленных УЗВ подтверждает способность и целесообразность тиражирования технологий товарной аквакультуры на базе УЗВ в Калининградской области.

Учитывая возможность установления управляемого температурного режима в УЗВ, особенности созревания производителей исследованных видов рыб, затратность процесса выращивания в режиме моноцикла, обоснованы полицикличные технологии выращивания рыбы в УЗВ. Если при эксплуатации маточного стада клариевого сома учитывается способность к созреванию самок через 3 месяца, канального сома два раза в год, то по стерляди и судаку гарантировано удастся получить потомство один раз в год. Поэтому при освоении полициклических технологий разведения и выращивания первых двух объектов используется их свойство к созреванию в равноотстоящие сроки. Соответственно в течение года выращивают не менее двух последовательных генераций посадочного материала и товарной рыбы. Имеет место не менее чем двукратное использование одних и тех же инкубационных аппаратов, бассейнов, механических и биологических фильтров, дегазаторов, оксигенаторов, УФ устройств.

При эксплуатации маточных стад судака, стерляди полицикличный характер проявляется при формировании двух и более групп производителей с равноотстоящими сроками созревания. Потомство их последовательно, в соответствии с графиком, основанном на учете скорости роста и размерно-весовых кондиций рыб на каждом этапе, выращивают до товарной массы. Здесь также двух- и более кратно используются технические средства в пределах года. В то же время, на примере радужной форели показана перспектива встраивания технологий УЗВ в комбинированные технологические схемы, существенно повышающих эффективность выращивания товарной рыбы в открытых рыбоводных системах (бассейновые, прудовые хозяйства). Аналогичный подход можно будет применить при реализации комбинированных технологий товарного выращивания стерляди, судака, канального сома. Эффективность их реализации даёт выращивание в УЗВ крупного посадочного материала.

Можно признать, что применение на территории Калининградской области разработанных технологий пастбищной и индустриальной аквакультуры, соблюдение при этом рыбоводно-биологических нормативов позволят, с одной стороны, повысить долю в уловах ценных, экономикообразующих видов рыб. С другой, оперативно нарастить объемы выращивания товарной рыбы. Как результат приблизиться к физиологически обоснованной норме потребления продукции аквакультуры, отражающей качественный уровень питания населения.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- БЛф – большие лимфоциты
Г – гига (10^9)
ИСЛ – индекс сдвига лейкоцитов
ИСН – индекс сдвига нейтрофилов
Км – общий продукционный коэффициент скорости массонакопления
Л – лейкоциты
Лф – лимфоциты
М – среднее значение показателя
МЛф – малые лимфоциты
Мн – миелоцит нейтрофильный
ММн – метамиелоциты нейтрофильные
Мо – моноциты
ОБС – общий белок сыворотки крови
ОЧЛф – общее число лимфоцитов
ОЧН – общее число нейтрофилов
Пян – нейтрофил палочкоядерный
Сн – сегментоядерный нейтрофил
С,% – относительный среднесуточный прирост
СГЭ – содержание гемоглобина в одном эритроците
УЗВ – установка замкнутого цикла водообеспечения
ЦП – цветной показатель
Э – эозинофилы
Эр – эритроциты
Эр/Л – отношение эритроцитов к лейкоцитам
CV – коэффициент вариации
Hb – гемоглобин
m – ошибка средней величины
n – количество исследованных рыб
r – коэффициент корреляции
p – уровень значимости
Т – тетра (10^{12})

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аббасов Р.Ю. Возрастная изменчивость белка и гемоглобина в крови у некоторых видов костистых рыб // VI всесоюзная конференция по экологической физиологии и биохимии рыб: тез. докл. – Вильнюс, 1985. - 16 с.
2. Абраменко М.И. Закономерности функционирования популяций серебряного карася (*carassius auratus Libelio*) Азовского бассейна: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. - Астрахань, 2008. - 49 с.
3. Аквакультура Варминьско-Мазурского воеводства как компонент регионального сотрудничества Польши, Литвы и Калининградской области / под ред. Р. Кольмана. - Mirdruk. Olstyn, 2007. - 138 с.
4. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. - М.: Пищ. пром-сть, 1968. - 292 с.
5. Алеев Ю.Г. Функциональные основы внешнего строения рыбы. - М.: Наука, 1963. - 247 с.
6. Алесеева-Потехина Е.В. Материалы по биологии донского рыбца // Сб. научн. тр. - Азовский НИИ рыб. хоз-ва, 1960. – № 3. – С.74-82.
7. Аминова В.А. Физиология рыб / В.А. Аминова, А.А. Яржомбек. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 200 с.
8. Анисимова И.М. Ихтиология / И.М. Анисимова, В.В. Лавровский. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
9. Антипова Н.С. Изменение крови рыб в связи с возрастом и некоторыми экологическими условиями: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - М., 1947. – С. 4-7.
10. Аристова Г.И. Бентос Вислинского залива // Исследования в Куршском и Вислинском заливах: Сб. научн. тр. АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1965. – С. 40-49.
11. Арнольд И.Н. Рыбохозяйственное значение окуня // Инф. бюллетень консульт. бюро ВНИИОРХ. - 1939. - № 4. - С. 42-50
12. Артеменков Дмитрий Владимирович. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на комбикормах с добавками пробиотика Субтилис в условиях УЗВ. Дис. ... канд. сельхоз. наук, 2013. - 142 с.
13. Аси А. Экспериментальная рециркуляционная установка «Биорек» для выращивания форели // Рыбное хозяйство. - 1980. - № 2. - С. 30-31.

14. Ахундов, М.М. Ранний гамето- и гонадогенез осетровых рыб. О критериях сравнительной оценки развития половых желез молоди на примере русского осетра / М.М.Ахундов, К.Е. Федоров // Вопросы ихтиологии. — 1990. - Т. 30, вып. 6. - С. 963-973.
15. Ацуши Усул. Культивирование угря: пер. с англ. / Усул Ацуши. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 112 с.
16. Бабушкин Ю.П. Влияние возраста производителей радужной форели на качество их спермы // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. - 1972. - №10. — С. 20–24.
17. Бабушкин Ю.П. Продуцирование спермы самцами радужной форели разных групп и возрастов // Известия ГосНИОРХ. - 1974. - Т.97. - С. 115 – 122.
18. Бабушкин Ю.П. Сравнительная морфологическая характеристика самцов разных породных групп радужной форели *Salmo irideus* Gibb // Вопросы ихтиологии. - 1974. - Т.14. - № 5. - С. 827–837.
19. Баденко Л.В. Критерии и методы оценки жизнестойкости молоди азовских осетровых, выпускаемой осетровыми заводами. — В кн.: Рыбохозяйственное значение внутренних водоемов Азовского и Каспийского бассейнов. - М., 1984. — С. 41-55.
20. Баденко Л.В. Морфологический состав и гемоглобин крови самок и самцов рыба в зависимости от условий // Сб. науч. тр. - Всесоюз. НИИ морского рыб. хоз-ва и океанографии, 1964. - С. 228-242.
21. Банене Я.К. Биология щуки водоемов Литвы // тр. АН ЛитССР, 1978. - №2. — С.96-100.
22. Баранникова И.А. Функциональные основы миграций рыб / И.А. Баранникова. — Л.: Наука, 1975. — 210 с.
23. Бардач Дж. Аквакультура / Дж. Бардач, Д. Риттер, У. Макларен // М.: Пищевая промышленность. - 1973. - 294 с.
24. Баринова Г.М. Климат // Виштынецкое озеро: природа, история, экология. Калининград: Изд-во КГУ. - 2001. — С. 67-83
25. Барсуков Н.Г. Балтийское море / Н.Г. Барсуков, А.Н. Пробатов — Калининград: Книжное издательство, 1959. — 89 с.
26. Бауэр О.Н. Новая паразитическая нематода рода *Anguillicola* (*Dracunculoidea Anguillicolidae*) в рыбах Палеарктики // Паразитология.- 1998.-32-1.-С.59-63.
27. Белоусов А.Н. Новый биологически активный препарат / А.Н. Белоусов [и др.] // Рыбоводство и рыболовство. - 2001. - № 4. — С. 35-36.
28. Берг Л.С. Рыбы пресных вод и сопредельных стран. — М.: АН СССР. - 1949. - Т.2. - С. 789 - 799.

29. Беренбейм Д.Я. Гидрометеорологическое описание Вислинского залива // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: Сб. науч. тр. - АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1992. – С. 5-14.
30. Биологические и технологические основы пастбищной аквакультуры в Калининградской области / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова, А.Э. Суслов, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова, Л.В. Савина, А.Б. Дельмухаметов, Д.С. Пьянов. - Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. - 398 с.
31. Биологические и технологические основы угреводства // Е.И. Хрусталева - Ольштын, изд-во Солярис Друк. 2013. – 305 с.
32. Биология и промысловое значение рыбцов Европы / под ред. П. Заянчкаускаса. – Вильнюс: Изд-во Минтис, 1970. - 516 с.
33. Биотехнический и производственный потенциал пастбищной аквакультуры на трансграничных водоемах России и Литвы / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова, В.В. Жуков, Л.В. Савина, К.Б. Хайновский, О.Е. Гончаренко, А.Б. Дельмухаметов, В.Е. Хрисанфов, Э.В. Бубунец, В. Вайтекунас, А. Домаркас, Л. Керосериус. - Калининград: изд-во «ИП Мишуткина И.В.», 2009. - 198 с.
34. Божко А.М., Смирнова И.С. Перспективы изменения метода морфофизиологических индикаторов при изучении рыба в пределах ареала // 2 заседание по проблеме «Исследование продуктивности вида в пределах ареала»: тез. докл. – Вильнюс 1971. - С. 25-26.
35. Божко А.М. Возрастные изменения относительных размеров внутренних органов озерного лосося /А.М. Божко // Биология внутренних водоемов Прибалтики. - Л.: Изд. АН СССР, 1962. - С. 86-89.
36. Божко А.М. Морфо-экологические изменения роста и развития внутренних органов рыб некоторых озер Карелии / А.М. Божко // Вопросы гидробиологии водоемов Карелии. уч. зап. Карельск. пед. ин-та. - Петрозаводск, 1963. - Т.15. - С. 188-194.
37. Божко А.М. О некоторых закономерностях роста и развития селезенки рыб // VII сессии уч. Совета по проблеме «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Карелии»: тез. докл. - Петрозаводск, 1968. - С. 63-64.
38. Божко А.М., Смирнов В.С. Относительный вес селезенки рыб как морфофизиологический индикатор // III Зоологической конференции Белорусской ССР: тез. докл. - Минск, 1968. - С. 102–104.
39. Брусынина И.Н. Возрастные изменения внутренних органов рыб. Биология и продуктивность водных организмов // Сб. научн. тр. - Институт экологии растений и животных. - УФ АН СССР, 1970. - № 72. - С. 25-26.

40. Бруснынина И.Н. Морфофизиологическая характеристика озерного голяна и изменение интерьерных показателей в зависимости от условий существования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Свердловск, 1974. - 23 с.
41. Бубунец Эдуард Владимирович. Воспроизводство и выращивание анадромных осетровых рыб Понто-Каспийского бассейна в условиях тепловодных хозяйств: Дис. ... д-ра с-х наук: 06.04.01. – М., Рос. гос. аграр. ун-т, 2016. - 393 с.
42. Буга Н.Б. О роли плотвы в Куршском заливе // Рыбное хозяйств. - 1978. - №3. - С. 20–21.
43. Бутусова Е.Н. Выращивание угря по интенсивной технологии // Сер. рыбохозяйственное использование внутр. водоемов. М.: ВНИЭРХ. - 1989.– № 3. - С. 8-15.
44. Вавилкин А.С. Биология и разведение линя в прудовом хозяйстве: Автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.10. - М., 1950. – 23 с.
45. Вавилкин А.С. Условия и особенности нереста линей // Труды Московского технического института рыбной промышленности и хозяйства им. Микояна. М.: Советская наука. – 1955. - № 7. – С. 149–161.
46. Васильева Л.М. Биологические и технологические особенности товарного осетроводства в условиях Нижнего Поволжья: Автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. - Краснодар, 2000. - 52 с.
47. Васильева Л.М. Биологическое и техническое обоснование для организации товарной фермы по выращиванию осетровых рыб / Л.М. Васильева, Н.А. Абросимова. – Астрахань, 2000. – 24 с.
48. Васильева Татьяна Викторовна. Рыбохозяйственные и экологические аспекты эффективности искусственного воспроизводства осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна. Дис. Канд. биол. наук: 03.02.06 2010. 206 с.
49. Величко М.С. Адаптационные возможности молоди стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) при выращивании в различных рыбоводных системах: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. - Калининград, 2009.- 209 с.
50. Вершигора А.Е. Общая иммунология / А.Е. Вершигора. - Киев: Высшая школа, 1990. – 735 с.
51. Виноградов В.К. Разведение и выращивание канального сома / В.К. Виноградов, Л.В. Ерохина, В.Ф. Кривцов, Л.В. Калмыков. - Методические рекомендации. - М.: ВНИИПРХ, 1982. – 45 с.
52. Вирбицкас Ю. Фауна рыб внутренних водоемов Литвы и меры по его преобразованию / Ю. Вирбицкас, И. Манюкас // Вопросы разведения рыб и ракообразных в водоемах Литвы: Сб. науч. тр. – Вильнюс: МИНТИС, 1972. – С. 7-35.

53. Владимиров М.З. Влияние температуры на длительность инкубации икры рыба // Известия Ан МолдССР. - 1968. - №11. – С. 43-47.
54. Власов В. А. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell) при различных условиях содержания и кормления/ В. А. Власов// Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры. Международная научно-практическая конференция. 5-6 февраля 2013 г. - М.: РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. - С. 141-150.
55. Власов В.А., Есавкин Ю.И., Завьялов А.П. Рост и рыболовная характеристика молоди тилапии породы “Тимирязевская”, выращиваемой в бассейнах. Мат. межд. науч.-прак. конф. "Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности", т. 3, 2005. С. 139–143.
56. Волков И.В. Физиологическая характеристика системы крови и газообмена рыба рек Днепр, Нямунас и Кубань / И.В. Волков, Е.А. Веселов // Рыбц. - Вильнюс: Мокслас. - 1976. - 235 с.
57. Волобуев В.В. Материалы к биологии Анадырской кеты / В.В. Волобуев, О.А. Никулин // Изв. ТИНРО. - 1970. - № 71. – С. 219–229.
58. Вольскис Р.С. Метод исследования плодовитости и ее зависимость от некоторых биологических параметров особей различных популяций вида / Р.С. Вольскис, Б.А. Каминскене // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов: сб. науч. тр. Вильнюс: МОНСЛАС, 1976. - С.70-75.
59. Вольскис Р.С. Обобщенные результаты многолетних исследований *Vimba vimba* в пределах их ареалов / Р.С. Вольскис, Ю. Абдурахманов // Вид и его продуктивность в ареале: 17 (25)-е заседание рабочей группы по проекту 86: материалы. - Вильнюс: Мокслас, 1977. - С. 24-47.
60. Вольскис Р.С. Результаты исследования плотвы, окуня, щуки, леща, карася, линя, язя и сиговых в разных водоемах на протяженности их ареалов / Р.С. Вольскис, В.Р. Абакумов, М.А. Алексеев. - Вильнюс: Мокслас. - 1988. - С. 35–67.
61. Временная инструкция о мероприятиях по предупреждению и ликвидации болезней прудовых рыб / Главное управление ветеринарии Министерство с-х СССР. – М, 1957.
62. Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах (утв. Минрыбхозом СССР 18.12.1989, Госкомприроды СССР 20.10.1989). – М., 1990. – С. 50-57.
63. Временные биотехнические нормативы по разведению молоди ценных промысловых видов рыб. – М.: Гидропромиздат, 2002. – 114 с.

64. Выращивание канального сома до товарной массы / Е.И. Хрусталеv [и др.] // Сб. науч. тр. Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. – М., 1991. – С. 55-56.
65. Выращивание молоди угря фирмой «Аква Ре» при использовании системы замкнутого цикла. – Aqua Revue. - 1988. - №17. – С. 6.
66. Гадаева М.М. Гаметогенез и половые циклы канального сома (*Ictalurus punctatus* (Raf.)) при выращивании в прудах.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.: 03.00.10. – М., 1993. - 23 с.
67. Галасун П.Т. Биотехника выращивания канального сома во внутренних водоемах УССР / П.Т. Галасун, В.В. Грусевич. – М., 1978. – 6 с.
68. Галасун П.Т. Некоторые особенности интенсивного рыбоводства во внутренних водоемах США / П.Т. Галасун, А.Н. Канидьев // Сб. науч. труд. - Интенсификация прудового рыбоводства. – М.: ВНИИПРХ, 1974. - № 11. – С. 27–128.
69. Гальперин С.И. Физиология человека и животных / С.И. Гальперин. – М.: Высш. шк., 1977. – 633 с.
70. Гамалас К.С. Структура полов, состав промысловых уловов, состояние и воспроизводство запасов сырты Куршского залива // Вопросы ихтиологии, 1970. - Т.10. - № 2. - С. 277-289.
71. Гаметогенез и половые циклы канального сома (*Ictalurus punctatus* (Raf.)) при выращивании в прудах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 ; ВНИИ прудового и рыб. хоз-ва; Науч. рук. В. А. Илясова / М. М. Гадаева ; рук. В. А. Илясова ; ВНИИ прудового и рыб. хоз-ва; Науч. рук. В. А. Илясова. - М. : Б. и., 1992. - 26 с
72. Гамыгин Е.А. Корма и кормление рыбы: Обзорная информация ЦНИИИТЭИРХ. Рыбохозяйственное использование водоемов. – М.: ЦНИИИТЭИРХ. - 1987. - № 1. – 82 с.
73. Гамыгин Е.А. Кормление лососевых рыб в индустриальной аквакультуре: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1996. - 77 с
74. Гамыгин Е.А. Кормление рыб / Е. А. Гамыгин, В.Я. Скляров. - М., 1984. - С. 3548
75. Гамыгин Е.А. Новое в кормлении личинок судака и молоди осетровых / Е.А. Гамыгин [и др.] // Сб. науч. трудов ВНИИПРХ. – 1992. – № 67. – С. 3-4.
76. Гасюнас, И.И. Кормовой макрозообентос залива Куршю Марес / И.И. Гасюнас // Куршю Марес. Итоги комплексного исследования. - Вильнюс: АН Литовской ССР, Институт биологии; Гостипография «Пяргале», 1959. - С. 191-280.
77. Гематологические показатели сеголетков стерляди при выращивании в бассейнах и садках на корме «Aller Futura» в Калининградской области / Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина, Е.И. Хрусталеv, М.С. Величко // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития:

материалы докладов IV Международной научно-практической конференции. (Астрахань, 13-15 марта 2006 г.). - М.: ВНИРО, 2006. – С. 270-272.

78. Гематология животных и рыб / А.А. Кудрявцева, Л.А. Кудрявцева, Т.И. Привольнев. – М., 1969. – 320 с.

79. Генци Я. Угорь: пер. с венг. И.Ф. Куренного / Я. Генци, Б. Тахи. под ред. А.А. Яржомбека. – М.: Агропромиздат, 1989. – 168 с.

80. Географический атлас Калининградской области / под ред. В.В. Орленка. - Калининград: КГУ, ЦНИТ, 2002. - 276 с.

81. Гершанович А.Д. Экология и физиология молоди осетровых / А.Д. Гершанович, В.А. Пегасов, М.И. Шатуновский. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.

82. Гидрометеорологический режим Вислинского залива / под ред. Н.Н. Лазаренко, А. Маевского. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 57-67.

83. Гинецинский А.Г. Физиологические механизмы водно-солевого равновесия / А.Г. Гинецинский. - Москва: АН СССР, 1963. - 423 с.

84. Гистология половых органов канального сома в процессе полового созревания / Е.И. Хрусталева [и др.] // Сб. науч. тр. «Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах». - М., 1991.- С. 76-78.

85. Головин П.П. Кадастр лечебных препаратов, используемые и апробированные в аквакультуре России и за рубежом / П.П. Головин, Н.А. Головина, Н.Н. Романцов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 56 с.

86. Головина Н.А. Морфофункциональная характеристика крови рыб – объектов аквакультуры: Автореферат дис. ... д-ра биол. наук. М.: ВНИИПРХ, 1996. - 53 с.

87. Голодец Г.Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб / Г.Г. Голодец // Учебное пособие. – М.: Пищепромиздат, 1955.- 272 с.

88. Голубкова Т.А. Эколого-биологические характеристика запасов судака Куршского залива Балтийского моря: Дис. ... канд. биол. наук. - Калининград, 2003. - 146 с.

89. Гончаренко О. Е. Рыбоводно-биологические особенности искусственного воспроизводства линя (*Linca tinca L.*) в условиях Калининградской области: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. - Калининград, 2008. - 219 с.

90. Горбач Э.И. Плодовитость амурской щуки // Вопросы ихтиологии. - 1982. Т.22. - № 1. – С. 57 – 60.

91. Гребенюк М.В., Хайновский К.Б. Размерно-возрастной и половой состав производителей судака Куршского залива и их рыбоводные качества // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: сборник материалов. - Калининград, 2005. - С. 162-163.

92. Гриневский Э.В. Проектирование рыбоводных предприятий / Э.В. Гриневский, Б.А. Каспин, А.М. Керштейн, З.М. Киппер, А.Д. Луньков. - М.: Агропромиздат, 1990. - 223 с.
93. Дельмухаметов А. Б. Биотехника формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада судака в установках замкнутого цикла водообеспечения: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06. - Калининград, 2012.- 157 с.
94. Дельмухаметов А.Б. Рост судака различных поколений в установках замкнутого водоснабжения / А.Б. Дельмухаметов, Д.С. Пьянов / Известия КГТУ. – 2014. – № 32. - С. 85-90.
95. Дельмухаметов А.Б., Пьянов Д.С., Хрусталеv Е.И. Технология выращивания судака в условиях установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) // Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов. - Воронеж: ВГУИТ, 2013. – С. 632-637.
96. Дементьева М.А. Опыт тестирования физиологического состояния сеголеток карпа в условиях теплых вод по их устойчивости к повышенной солености// Разведение и селекция рыб в условиях индустриальных рыбоводных хозяйств: Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. - 1986. - № 254.- С. 40-46.
97. Детлаф Т. А., Гинзбург А. С., Шмальгаузен О. Развитие осетровых рыб. - М.: Наука, 1981. 224 с
98. Добринская Л.А. Возрастные изменения относительно веса внутренних органов рыб // Экологический журнал. – 1965. – Т.44. – №.1. – С.72-81.
99. Добринская Л.А. Изменчивость морфофизиологических показателей некоторых видов рыб / Л.А. Добринская. – 1982. – 63 с.
100. Домрачев П.Ф. Рыбы из оз. Ильмень и р. Волхов и их хозяйственное значение / П.Ф. Домрачев, И.Ф. Правдин // Материалы по исследованию р. Волхов и ее бассейна.- № 10. - 1956.- С. 120.
101. Драбкина Б.М. Исследование крови у производителей и молоди куриного лосося // Сoвещание по физиологии рыб: сб. науч. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1958. - № 8. – С. 372-379.
102. Драбкина Б.М. Состав крови молоди осетра в зависимости от условий обитания. Обмен веществ и биохимия рыб // М.: Наука. - 1967. - С. 183 – 185.
103. Дрягин П.А. Порционное икротетание у карповых рыб // Изв. ВНИОРХ. – Т.1. – № 21. - 1939. - С. 81-119.
104. Европейский угорь – удивительная рыба с трудной судьбой // Балтийский фонд природы Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. - СПб. - 2008.- 4с.
105. Ерохина Л.В. Разведение канального сома / Л.В. Ерохина, В.К. Виноградов // Рыбоводство и рыболовство. - 1976. - № 2. С. 10–12.

106. Жигин А.В. Замкнутые системы в аквакультуре / А.В. Жигин // М.: РГАУ-МСХА, 2011. - 664 с.
107. Жигин А.В. Экономическая оценка создания и эксплуатации замкнутых систем при товарном выращивании некоторых видов рыб / А.В. Жигин, Н.В. Мосесова // Рыбное хозяйство. - 2009. - № 2. С. 42-44.
108. Жилюкене В. Искусственное воспроизводство щуки *Esox Lucius L.* / В. Жилюкене, В. Жилюкас // Биотехника искусственного воспроизводства рыб, раков и сохранение запасов промысловых рыб. - Вильнюс: Эугения Милерене, 2008. - С. 96 - 107.
109. Житенева Л.Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л.Д. Житенева, Т.Г. Полтавцева, О.А. Рудницкая // Ростов-на-Дону. - 1989. - С. 49-81.
110. Житенева Л.Д. Гематологическая характеристика гибридов осетровых и стерляди в онтогенезе / Л.Д. Житенева, Э.В. Данченко, Т.Н. Камонская // Генетика промысловых рыб и объектов аквакультуры. Матер. II Всесоюз. совещ. по генетике, селекции и гибридизации рыб. — Ростов-н/Д.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — С.181-182.
111. Житенева Л.Д. Гематологические показатели сельди *Clupea pallasii pallasii vai* в зависимости от ее физиологического состояния / Л.Д. Житенева, М.М. Гориславская // Вопросы ихтиологии. – 1986. - Т.26. – № 1. – С. 137–146.
112. Житенева Л.Д. Определение у рыб качества потомства по гематологическим показателям производителей / Л.Д. Житенева, А.Н. Житенев, Т.И. Калюжная // Экологическая физиология и биохимия рыб: тез. докл. – Астрахань, 1979. – С. 90.
113. Житенева Л.Д. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб / Л.Д. Житенева, О.А. Рудницкая, Т.И. Калюжная / Л.Д. Житенева. - Ростов-на-Дону, 1997 – 152 с.
114. Житенева Л.Д. Эффективность обесклеивания икры осетровых тальком / Л.Д. Житенева, Л.А. Крапивина, О.А. Воробьева, Л.М. Саяпина, Э.В. Данченко // Тез. докл. обл. науч.-практ. конф. по проблемам индустр. рыбоводства на основе широкого внедрения достижений науки и передового опыта, 23 февр. 1983 г. — Ростов н/Д : АзНИИРХ, 1983. — С. 25-27.
115. Жовтоштан И.А., Хрусталева Е.И. Трансграничная мобильная рыбоводная лаборатория как основа для решения проблемы вовлечения малых рек в рыбохозяйственный оборот в бассейнах трансграничных водоемов // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: сборник материалов / ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С. 72-73.
116. Жукинский В.Н. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе / В.Н. Жукинский. - М.: Агропромиздат, 1986. - 243 с

117. Жукинский В.Н. Зависимость качества потомства на ранних стадиях жизни от возраста производителей у рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Киев, 1964. - 22 с.
118. Жуков В.В. Реализация практических механизмов создания базы угреводства и товарного рыбоводства в регионе Соседства / В.В. Жуков, Е.И. Хрусталева // Рыбное хозяйство в Литве: труды IX международной конференции «Виштитис форум». - Вильнюс: ЛГЦРРИ, 2009. - С. 299 - 301.
119. Завьялов А.П. Выращивание тилапии в установке с замкнутым циклом водоснабжения при различных условиях кормления.: Автореферат. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04. - М. 2001. - 24 с.
120. Завьялов А.П., Лавровский В.В. Влияние типа кормления на морфофизиологические показатели тилапии, выращенной в установках с замкнутым циклом водоснабжения // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: материалы 2-й междунар. симпозиум (Астрахань, окт. 4-7, 1999 г). - Адлер, 1999. - С. 196-197.
121. Закономерности гидробиологического режима водоемов разного типа. - М.: Научный мир, 2004. - 296 с.
122. Замахаев Д.Ф. О компенсационном росте // Вопр. ихтиологии. - 1967. - Т.7. - № 2. - С. 303-325.
123. Зеленков В.Н. Ранний период гаметогенеза и дифференцировка пола у беломорской сельди *Clupea palasi marisalbi* // Вопр. ихтиологии. - 1990. Т.30. - №.6. - С. 957 - 963.
124. Земляков Е.С. Комплексная переработка опорно-каркасных и покровных тканей судака на функциональные продукты: Дис...канд. техн. наук. - Калининград, 2009. - 233 с.
125. Зобова О.Н. Влияние различной освещенности и фотопериода на рост и развитие теляпии: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04. - М. 2004. - 21 с.
126. Иванов А.А. Физиология рыб / А.А. Иванов. - М.: Мир, 2003. - 284 с.
127. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. Сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб / Н.Т. Иванова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 184 с.
128. Иванова Н.Т. Система крови // Материалы по сравнительной морфологии системы крови человека и животных. - Ростов-на-Дону, 1995. - 155 с.
129. Ивойлов А.А. Использование гибридов тилапий в установках с замкнутым водообеспечением / А.А. Ивойлов, А.Ф. Сеница, А.П. Иванов. - М.: ВНИЭРХ. - № 1. - С 2-9.
130. Ивойлов А.А. Технология содержания и воспроизводства маточного стада тилапии рыбоводно-биологические нормативы по выращиванию тилапии в условиях с замкнутым циклом водообеспечения / Ивойлов А.А., Ширяев А.В., Киселев А.Ю., Илясов Ю.И., Филатов В.И., Слепнев В.А. - М.: ВНИИПРХ, 1995. - 10 с.

131. Ивченко В.В., Носкова Е.Д. Рыбные ресурсы Куршского залива. Калининград: Кн. Изд-во, 1985
132. Илясова В.А. Гаметогенез и половые циклы веслоноса (*Polyodon spathula* (W.)): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. – М., 1989. - 23 с.
133. Иммунология / под ред. У. Пол. – М.: Мир, 1987. – Т.3. – 360 с.
134. Индустриальная аквакультура в Калининградской области / Е.И. Хрусталева, В.В. Жуков, О.Е. Гончаренко // Рыбное хозяйство в Литве: труды IX международной конференции «Виштитис форум». – Вильнюс: ЛГЦРРИ, 2009. - С. 254 - 256.
135. Инструкция по разведению щуки / В.И. Анпилова, Б.И. Понеделко. - Л.: ГосНИОРХ, 1972. – 52 с.
136. Иогансен Б.Г. Плодовитость рыб и определяющие ее факторы // Вопр. ихтиологии. – 1957. – №. 3. – С. 57–68.
137. Казаков Р.В. Методы оценки качества половых клеток рыб. Обзорная информация ЭКИНАС // Рыбное хозяйство. - М., 1981. - № 4. - 55 с.
138. Калмыков Л.В. Преднерестовое содержание производителей канального сома (*Ictalurus punctatus*) в условиях индустриальных хозяйств / Л.В. Калмыков, В.Ф. Кривцов, Е.В. Бурдакова // сб. науч. труд. ВНИИПРХ. - 1988.- №54. – С. 48 – 55.
139. Калмыков Л.В. Разведение и выращивание канального сома (*Ictalurus punctatus* (Raf.)) в тепловодных хозяйствах индустриального типа: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - М, 1989. - 27 с.
140. Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 216 с.
141. Канидьев А.Н. Руководство по разведению радужной форели в пресной и соленой воде / А.Н. Канидьев, Н.П. Новоженин, Е.Ф. Титарев - М.: ВНИИПРХ, 1975. - 60 с.
142. Канидьев А.Н. Состав периферической крови молоди кеты (*Oncorhynchus keta*, Wabbaum) как основной показатель ее качества и условий выращивания // Известия ТИНРО. – 1957. – Т.61. – С.132-142.
143. Канидьев Н.А. Инструкция по разведению радужной форели / Н.А. Канидьев [и др.]. - М.: ВНИИПРХ, 1985. - 59 с.
144. Капитонова И.Г. Разведение канального сомика *Ictalurus punctatus* (Raf.) в тепловодном садковом хозяйстве / И.Г. Капитонова, А.Г. Кондрат, С.А. Суханова // сб. науч. тр. ГосНИОРХ: «Выращивание рыбы в бассейнах и прудах на теплых водах». - 1983. - № 206. – С. 23–32.
145. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов / А.Ф. Карпевич. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – С. 404

146. Катасонов В. Я. Селекция рыб с основами генетики / В.Я. Катасонова, Б.И. Гомельский // М.: Агропромиздат. - 1991. - 208 с.
147. Киселев А.Ю. Технология выращивания гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosrenbergii* в установках с замкнутым циклом водообеспечения / А.Ю. Киселев, А.Ю. Илясов, В.И. Филатов. – М.: ВНИПРХ. - 1995. – 19 с.
148. Киселев А.Ю. Установки с замкнутым циклом водоиспользования и технологии выращивания в них объектов аквакультуры // Сер. аквакультура: обзорная информация. ВНИИПРХ, 1997. - № 1. – 80 с.
149. Киселев И.В. Биологические основы осеменения и инкубации клейких яиц рыб / И.В. Киселев. - Киев: Наукова думка, 1980. - 296 с.
150. Киселев Я.Е. Рыбы наших вод / Я.Е. Киселев. – М.: Мысль, 1984. – 287 с.
151. Ковалёв К.В. Технологические аспекты выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ): Дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2006. - 132 с.
152. Козлов В.И. Справочник рыбовода / В.И. Козлов, Л.С. Абрамович – М.: Росагропромиздат, 1991. - 238 с.
153. Комахидзе А.М. Рекомендации по биотехнике разведения и выращивания канального сома (*Ictalurus punctatus* (Raf.)) в условиях субтропической зоны Грузии. – М.: ВНИИПРХ, 1980. – 21 с.
154. Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1986. – 472 с.
155. Коржуев П.А. Гемоглобин / П.А. Коржуев. - М.: Наука, 1964. - 287 с.
156. Коржуев П.А. Рыбы как обитатели гравитационной среды // Эколого-физиологические особенности крови рыб. - М., 1968. - С. 5-11.
157. Корнеев А.Н. Разведение карпа и других видов рыб на теплых водах. / А.Н. Корнеев. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 148 с.
158. Королев А.Е. Биологические основы получения жизнестойкой молоди судака: Дис. ... канд. биол. наук. – СПб, 2000. – 188 с.
159. Кохненко С.В. Европейский угорь / С.В. Кохненко – М.: Пищ. пром-сть, 1969. – 108 с.
160. Кохненко С.В. Результаты зарыбления водоемов Белоруссии молодьё угря // X научная конференция по изучению водоемов Прибалтики. – Минск, 1963. – С. 7-11.
161. Кохненко С.В. Эколого-физиологическая пластичность европейского угря *Anguilla anguilla* L. / С.В. Кохненко, В.А. Безденежных, С.М. Гороя. – М.: Наука и техника, 1977. – 192 с.

162. Кочин В.М. Теоретические аспекты рыбоводной физиологии осетровых // Осетровые на рубеже XXI века: тез. докл. междунар. науч. конф. - Астрахань, 2000. - С. 257-258.
163. Кочкин Н.Н., Гончаров С.М. Отчет о рейсе на научно-промысловом судне "Касима-мару 8" в Наваринский район Берингова моря в июле-сентябре 1996 г.". М., ВНИРО, 1996.
164. Кошелев Б.В. Экология размножения рыб / Б.В. Кошелев. – М.: Наука, 1984. – С. 235-263.
165. Куровская, Л.Я. Морфофизиологические показатели некоторых видов осетровых рыб (Acipenseridae, Acipenseriformes) разного возраста, выращиваемых в аквакультуре [Текст] / Л.Я. Куровская, В.Н. Лысенко, С.И. Неборачек // Рыбогосподарська наука України. – 2015. – № 1 (31). – С. 108–119
166. Краюхин Б.В. Влияние питания на интенсивность обмена у рыб // Вопросы ихтиологии. -1961.-Т.4. - №.21.- С. 43-45.
167. Кривцов В.Ф., Калмыков Л.В. Опыт промышленного разведения и выращивания канального сома в условиях индустриальных хозяйств: сб. науч. тр. / Индустриальные методы рыбоводства. – М.: ВНИИПРХ, 1981. – № 30. – С. 64-73.
168. Крылова О.И., Тэн В.В. Многолетняя динамика и современное состояние зообентоса Вислинского залива // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: сб. науч. тр. / АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1992. - С. 52-64.
169. Кузьмин А.Н. Строение и возрастные изменения семенников и яичников ювенильных особей осетра // Изв. Ан СССР. - 1954. - Т.99. - № 4. – С. 645–647.
170. Кузьмина С.А. О некоторых свойствах крови судака Куршского залива: Дис...канд. биол. наук. – Калининград, 1967. – 124 с.
171. Кузьмичёв С.А. Некоторые особенности осморегуляции молоди осетровых рыб / С.А. Кузьмичев, Г.Г. Новиков, Павлов Д.С. // Вопросы ихтиологии. - 2005. – Т.45. - № 6.1. С. 844-853.
172. Купинский С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры / С.Б. Купинский. – Астрахань: ДФ АГТУ, 2007. – 133 с.
173. Купинский С.Б. Рост и созревание рыб: попытка установления взаимной связи // Вопросы генетики, селекции, племенного дела в рыбоводстве: сб. науч. тр. ВНИИПРХ. - М., 1989. - № 58. - С. 48-54.
174. Курапова Т.М. Анализ концентрации и активности лизоцима у судака первого поколения при выращивании в УЗВ / Т.М. Курапова, Е.И. Хрусталева, К.А. Молчанова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. - 2018. - №6(149). - С. 61-67.

175. Курапова Т.М. Влияние абиотических и биотических факторов на рост и выживаемость молоди рыбца // сб. тезисов и докладов международной науч. - технической конференции. 2000 г. – Калининград: КГТУ, 2000. – Ч.1. – С. 138-139.
176. Курапова Т.М. Изучение концентрации γ -глобулинов в организме судака, выращиваемого в УЗВ / Т.М. Курапова, Е.И. Хрусталева, К.А. Молчанова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. - 2019. - № 9 (164). – С. 54-60.
177. Курапова Т.М. Рыбоводно-биологическое обоснование искусственного воспроизводства рыбца (*Vimba vimba vimba*) в условиях Калининградской области: Дис. ...канд. биол. наук: 03.00.10. - Калининград, 2001. - 178 с.
178. Курапова Т.М., Хрусталева Е.И. Морфофизиологическая характеристика сеголетков угря // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. - С. 23-27.
179. Курапова Т.М., Хрусталева Е.И., Гончаренко О.Е. Влияние настоя вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*) на поведение голодных сеголетков карпа // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды IV международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - С. 90-93 с.
180. Курапова Т.М., Хрусталева Е.И., Савина Л.В., Гончаренко О.Е., Пьянов Д.С., Дельмухаметов А.Б. Некоторые иммунологические показатели сеголетков судака, выращенных в УЗВ / «Тезисы докладов XXIX Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера». – Мурманск: ПИНРО, CD-R. - 2013. - 2 с.
181. Куршю Марес. Итоги комплексного исследования. – Вильнюс: Мокслас, 1959. – 552 с.
182. Кушнирова В.А. Технология выращивания товарного карпа в садках и бассейнах на теплых водах при ГРЭС, ТЭЦ и АЭС / В.Д. Люкшина, С.А. Кушнирова, В.А. Федоренко, А.Е. Шестеренко. – М.: ВНИИПРХ, 1987. – 22 с.
183. Лабенец А.В. Клариевый сом: удачный выбор для индустриального выращивания Текст. / А.В. Лабенец, В.Н. Севрюков // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры. Научно-практическая конференция: тез. докл. - Горки, 1999. - С. 30 - 31.
184. Лавровский В.В. Определение оптимальных плотностей посадки по кислородному балансу // Рыбоводство и Рыболовство. -1977. - № 2. С. 5-7.
185. Лавровский В.В. Пути интенсификации форелеводства / В.В. Лавровский. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 167 с.
186. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

187. Лейс О.А. Приемная емкость экосистемы для понтокаспийских ракообразных и расчет плотности их посадки / О.А. Лейс, И.Н. Задоренко // Рыбн. хоз -во. - 1973. - № 6. - С. 27-28.
188. Лесникова Е.Г. Рыбоводно-биологические особенности искусственного воспроизводства щуки (*Esox lucius* L.) в условиях Калининградской области: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. - Калининград, 2004. – 152 с.
189. Лесникова Е.Г., Хрусталёв Е.И. Оптимизация биотехники стимулирования созревания производителей щуки Куршского залива // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ. - Калининград, 2007.- С. 77-79.
190. Лещинская А.С. Выживание икры, личинок и мальков кубанской тарани в азовской воде различной солёности // Труды ВНИРО. - 1955. - Т.31. - №2. - С. 97-107.
191. Линник А.В., Канидьев А.Н. Уровень воды как один из факторов технологии кормления радужной форели в бассейнах // сб. науч. трудов. Вопросы интенсификации товарного рыбоводства. - М.: ВНИИПРХ, 1987. -№ 51. - С.93-99.
192. Логвинович Д.Д. Влияние солёности и плотности кормовых организмов на питание и рост личинок и мальков донского леща *Abramis brama* и судака *Lucioperca lucioperca* // Труды ВНИРО. - 1955. - Т.31. - № 2. - С. 85-98.
193. Луговая Е.С. Биологическое состояние угря Вислинского залива Балтийского моря и охрана морской среды // Тез. док. конф. мол. ученых Балт. НИИ рыб. хоз-ва. – Рига, 1986. – С. 55-56.
194. Луговая Е.С. Особенности биологии и динамика численности промысловых рыб Вислинского залива // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: сб. науч. тр. АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1992. – С. 84-122.
195. Лукьяненко В.И. Иммунобиология рыб / В.И. Лукьяненко. - М.: Пищевая промышленность, 1971. – 372 с.
196. Лукьяненко В.И. Иммунобиология рыб: врожденный иммунитет / В.И. Лукьяненко. – М.: Агропромиздат, 1989. – 271 с.
197. Лукьянова Л.М. Пути реализации концепции устойчивого развития в рыбохозяйственном комплексе Калининградской области / Л.М. Лукьянова, В.М. Осадчий, В.И. Саускан // Балтийский экономический журнал. – 2014. – №2 (12). – С. 80-88.
198. Лысая Н.М. Об изменении состава крови лососей в период нерестовых миграций // Известия ТИНРО: сб. науч. тр. – 1951. - Т.37 – С. 47-67.

199. Люкшина Н.А. Технология выращивания посадочного материала карпа бассейновым методом в тепловодных хозяйствах при ГРЭС и АЭС / В.Д. Люкшица, Н.А. Козовкова. – М.: ВНИИПРХ, 1987. – 18 с.
200. Магенис А.С. Данные по изучению интродуцированных угрей в водоемах Литовской ССР // X научная конференция внутренних водоемов Прибалтики. – Минск, 1963. - С. 12-17.
201. Мартышев Ф.Г. Прудовое рыбоводство. – М.: Высшая школа, 1973. - 428 с.
202. Маслова Н.И. Рыбоводно-биологические предпосылки для разведения линя в прудовой поликультуре // Инф. пакет, сер. аквакультура: прудовое и озерное рыбоводство. – М., 1997. - № 1. - С. 37-48.
203. Межнин Ф.И. Развитие половых желез в раннем онтогенезе обыкновенного окуня *Perca fluviatilis* L. // Вопросы ихтиологии. - 1978. - Т.18. - № 1. – С. 84-100.
204. Мельников Е.Ф. Экологические основы интенсификации роста линя в прудовых хозяйствах Украинской ССР: Автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.10. - Киевский гос. ун-т. – Киев, 1961. – 12 с.
205. Микодина Е.В., Широкова Е. Н. Биологические основы и биотехника аквакультуры африканского сомика *Catfish gariepinus* // Рыбное хозяйство. Информпакет ВНИЭРХ. Сер. Аквакультура. Вып. 2. М.: ВНИЭРХ, 1997. С. 1–45.
206. Микодина, Е. В. Генетически модифицированные источники в комбикормах для рыб / Е. В. Микодина, Е. В. Ганжа // Рыбное хозяйство. - 2008. - N 2. - С. 84-87
207. Микряков В.Р. Закономерности формирования приобретенного иммунитета у рыб / В.Р. Микряков. – Рыбинск: АН СССР, 1990. – 154 с.
208. Микряков В.Р. Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. Утв. Минсельхозпродом РФ 25.11.1999. N 13-4-2/1795. М.: «Отдел маркетинга АМБ-агро». - 1999. - Ч. 2. - С. 98-124.
209. Микряков Д.В. Изменение морфофизиологических показателей иммунокомпетентных органов карпа *Cyprinus carpio* под влиянием гормона стресса / Д.В. Микряков, В.Р. Микряков, Н.И. Силина // Вопросы ихтиологии. – 2007. - Т.4. - №3. – С. 418-424.
210. Милерене Е.Ю. Материалы по изучению внутривидовой изменчивости *Vimba vimba* в водах Литвы // сб. науч. тр. 3 Конференции Литовского гидрологического об-ва. – Вильнюс: Мокслас, 1982. – С. 24-31.
211. Мильштейн В.В. Осетроводство / В.В. Мильштейн. – М, 1972. – 129 с.
212. Мирзоева Л.М. Зараженность угрей в Нидерландах // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура: Обзорная информация.- М.: ВНИЭРХ, 1995.- Вып. 2. – С. 22-25. 54

213. Мирзоева Л.М. Обнаружение *anguillicola crassus* в Техасе // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура: Обзорная информация.- М.: ВНИЭРХ, 1996.- Вып. 2. - С. 19-23. 55
214. Мирзоева Л.М. Распространение *anguillicola crassus* в Европе // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура: Обзорная информация.- М.: ВНИЭРХ, 1997.- Вып. 2. - С. 34-39. 56
215. Моисеенко Т.И. Гематологические показатели рыб в оценке их токсикозов (на примере сига *Coregonus lavaretus*) // Вопросы ихтиологии. -1998. - Т. 38. - № 3. – С. 371- 380.
216. Моисеенко Т.И. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология. – 2000. - №6. – С. 463-472.
217. Моисеев П.А. Ихтиология / П.А. Моисеев, Азимова Н.А., Куранова И.И. – М., 1981. – 383 с.
218. Молчанова К.А. Возможности раскрытия ростовой потенции у радужной форели в УЗВ и открытых рыбоводных системах / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова. // Воронеж: Научно-теоретический журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». – 2016. - № 5(13). - С. 43-47.
219. Молчанова К.А. Гематологические показатели годовиков радужной форели при выращивании в УЗВ / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева, Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина // Рыбное хозяйство, 2018. - № . С. 69 – 72.
220. Молчанова К.А. Иммунологические показатели радужной форели, выращиваемой в УЗВ / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова // Рыбное хозяйство. - 2018. - № . С. 73 – 79.
221. Молчанова К.А. Особенности выращивания ремонтного поголовья радужной форели второй генерации в установке замкнутого водоснабжения / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева // Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». - Научный журнал «Известия КГТУ», №36. - 2015. - С. 23 – 30.
222. Молчанова К.А. Реализация системы нормированного кормления радужной форели на первом этапе формирования ремонтно-маточного стада в УЗВ / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева // Рыбное хозяйство. - 2019. - № 4. - С. 79 – 83.
223. Молчанова К.А. Реализация системы нормированного кормления радужной форели на втором этапе формирования ремонтно-маточного стада УЗВ / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева // Воронеж: Научно-теоретический журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». – 2019. - № 2(20). - С. 34-39.
224. Молчанова К.А. Рыбоводно-биологические особенности производителей радужной форели, адаптируемой к условиям УЗВ в третьем поколении / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева // Рыбное хозяйство. - 2019. - № 2. - С. 86 – 89.

225. Молчанова К.А. Рыбоводно-биологические особенности формирования маточного стада радужной форели в установках замкнутого водоснабжения: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06. - Калининград, 2018.- 180 с.
226. Молчанова К.А., Гончаренок О.Е. Обоснование алгоритма выращивания радужной форели по комбинированной технологии // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. - С. 56-63.
227. Молчанова К.А., Курапова Т.М. Характеристика концентрации лизоцима во внутренних органах сеголетков угря при выращивании в УЗВ // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. - С. 27-31.
228. Молчанова К.А., Хрусталеv Е.И. Определение морфометрических показателей радужной форели, выращиваемой в УЗВ и садковом хозяйстве // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды IV международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». - Калининград, ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - С. 93 – 96.
229. Мониторинг физиологического состояния рыб – объектов индустриального рыбководства по иммунологическим параметрам: Отчет о НИР / ФГОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет"; Руководитель Е.И. Хрусталеv; № ГР 01201001805; инв. № 02201152049.- Калининград, 2010.- 25 с.
230. Мороз В.Н. Биологическая характеристика рыба из низовьев Дуная // Вопросы ихтиологии. – 1970. – № 1. – Т.1. – С.35-50.
231. Мороз В.Н. Биология линия *Tinca tinca* L. Килийской дельты р. Дуная / В.Н. Мороз // Вопросы ихтиологии, 1968. - Т.8. - № 1(48). - С. 105-106.
232. Морфофизиологическая характеристика клариевого сома, выращенного в установках замкнутого водоснабжения ООО «КМП Аква» / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренок, Л.В. Савина, Т.М. Курапова, В.В. Жуков // Труды X международной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе- 2012».- Калининград: ФГБОУ КГТУ, 2012.- Ч.1.- С. 95-97.
233. Москул Г. А. О численности рыба и шемаи в бассейне реки Кубань / Тезисы докладов Всероссийской конференции. - 1996. - Тюмень, 1997. - С. 106-107.
234. Мукатова М.Д., Гайворонская М.С. Консервы для детского питания на основе рыбного сырья // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство, 2010. - № 1. - С. 156-158.
235. Мурина В.В. Питание угря в Куршском и Вислинском заливах Балтийского моря // Тр. Всесоюзн. гидробиол. общества. – 1956. – Т.7.- С. 148-162.

236. Мусатов А.П. Новые данные о биологии угря и мировом угревом хозяйстве / А.П. Мусатов. – М.: ВНИРО, 1968. – 115 с.
237. Мустаев С.Б. Питание и рост карпа в интенсивно эксплуатируемых прудах при использовании автокормушек: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.: 03.00.10. – М., 1988. - 23 с.
238. Мухачев И.С. Биологические основы рыбоводства / И.С. Мухачев. - 2-е изд. - Тюмень: ТюмГУ, 2005. - 300 с.
239. Мухачев И.С. Озерное товарное рыбоводство / И.С. Мухачев. - 1-е изд. - СПб: Лань, 2013. - 400 с.
240. Науменко Е.Н. Длина трофической цепи в сообществе зоопланктона Вислинского залива и влияние на нее факторов среды // Гидробиологические исследования в бассейне Атлантического океана: сб. науч. тр. АтлантНИРО. - Калининград, 2000. - Т.1. – С. 37 – 49.
241. Науменко Е.Н. Многолетняя динамика и современное состояние зоопланктона Вислинского залива // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: сб. науч. тр. Атлант.НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1992. – С. 33-51.
242. Немцев И.В., Хрусталеv Е.И. Биотехника выращивания молоди угря в УЗВ на 1 этапе производственного процесса // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ (Казань, 24-29 октября 2016 г.). - Казань: ФГБНУ «ГосНИОРХ». - 2016. - С. 748 – 752.
243. Никандров В. Я., Шиндавина Н. И. Создание, совершенствование и поддержание селекционных достижений в племенных хозяйствах / Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W.). Серия: породы и одомашненные формы рыб. - М.: Росинформагротех, 2006. - С. 110-315.
244. Никандров С.А. Обоснование сохранения стерляди в водоемах России / Никандров С.А., Баранникова И.А., Малютин В.С. // Состояние популяций стерляди в водоемах России и пути их стабилизации: сб. науч. тр. МИК, ЦУРЭН. – М.: Экономика и информатика, 2004. – С. 6-10.
245. Николукин Н.И. К методике искусственного рыбозаведения // Труды Воронежского отделения Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства. – 1935. - Т.1.
246. Николукин Н.И. Опыт двухлетнего выращивания в прудах гибрида между стерлядью и белугой совместно с исходными видами / Н.И. Николукин, Н.А. Тимофеева // Труды Саратовского отделения ВНИОРХ, 1956. - Т.4. - С. 3-25.

247. Новоженин Н.П. Рыбоводно-биологические нормативы по выращиванию карпа, форели в установках с замкнутым циклом водообеспечения / Н.П. Новоженин, В.И.Филатов, Ф.А. Петров. – М.: ВНИИПРХ, 1985. – 14 с.
248. О состоянии рыбохозяйственного комплекса Калининградской области (в рамках Федеральной целевой программы «Развитие океанического, прибрежного рыболовства и аквакультуры в Калининградской области на 2013-2015 годы): аналитическая записка. – Калининград: Калининградстат. – 2015. – 28 с.
249. Орлов Ю.И. О вселении угря в водоемы Советского Союза // Рыбное хозяйство. – 1966. - № 8. – С. 53-54.
250. Орлова А.И. Эколого-морфологические черты развития линя в водоемах Литвы / А.И. Орлова, Ю.Б. Вирбицкас // Тр. АН ЛитССР. Серия В.- 1968. - №1. - С. 105-114.
251. Орлова З.П. Рыбохозяйственная гидротехника и мелиорация. – М: «Пищевая промышленность», 1968 – 312 с.
252. Осадчий В.М. Регулирование рыболовства и стратегия использования рыбных ресурсов в Куршском заливе: Автореф. дисс.... канд. биол. наук. – Калининград, 2000. – 24 с.
253. Основные уравнения роста биологических объектов / С.А. Баранов [и др.]. // Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. – М.: Наука, 1979. – С. 156-168.
254. Основы индустриальной аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, К.Б. Хайновский, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова // Спб.: Лань, 2019. - 280 с.
255. Особенности нерестового хода производителей рыбца, линя и щуки, учитываемые при их искусственном воспроизводстве / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, Е.Г. Лесникова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- Т.11.- № 1(2).- 2009.- С. 179-183
256. Особенности динамики численности салаки в Вислинском заливе / Н.В. Красовская // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: сб. науч. тр./ АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1992. – С. 121-151.
257. Особенности роста и выживаемости радужной форели в условиях аномально теплого лета / Е.И. Хрусталеv, Н.Г. Батухтина, С.С. Плиев, С.А. Василевская // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: материалы докладов Международного симпозиума (16-18 апреля 2007 г.). - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007.- С. 147-149.
258. Остроумова И.Н. Белковый состав сыворотки крови лососевых рыб // Обмен веществ и биохимия рыб. М.: «Наука», 1967. С.283-290.
259. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб / ред. Д.И. Иванов (глав. ред.) [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. – СПб: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2012. - 563 с.

260. Остроумова И.Н. Инструкция по выращиванию крупного посадочного материала в условиях теплых вод на полноценных гранулированных кормах. ГосНИОРХ., 1979. - 24 с.
261. Оценка адаптационных возможностей канального сома, выращиваемого по технологической схеме УЗВ-пруд, в условиях Калининградской обл. / Е.И. Хрусталеv, С.В. Нифонтов, В.Л. Сиченко, К.Б. Хайновский, Г.А. Шлибанова // Всес. совещание по рыбохоз. использованию теплых вод, Курчатov. - 1990. - С. 118-119.
262. Оценка влияния условий выращивания на иммунофизиологическое состояние сеголетков стерляди / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Л.В. Савина, Е.В. Сементина, М.С. Величко // Рыбное хозяйство, 2008. - № 2.- С. 82-83.
263. Оценка гематологического статуса европейского угря и клариевого сома, выращиваемых в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Л.В. Савина, К.А. Молчанова, Т.М. Курапова // Воронеж: Научно-теоретический журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». – 2020. - № 1 (20). - С. 40-48
264. Оценка приемной емкости экосистемы и перспективы пастбищного угреводства в Куршском заливе / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С. 126-128.
265. Оценка размерно-возрастного состава, временной структуры нерестового хода и рыбоводных качеств производителей щуки в южной части Куршского залива: отчет о НИР / КГТУ: Руководитель Е.И. Хрусталеv .–03-12.3.1: № ГР 01200406682 :Инв. № 02200403323.- Калининград, 2003. - 77с.
266. Оценка размерно-возрастной структуры и рыбоводных качеств производителей щуки Куршского залива / Е.И.Хрусталеv, Т.М.Курапова, Е.Г. Лесникова, Л.В. Савина, К.Б.Хайновский // Известия КГТУ. – Калининград, КГТУ – 2003. № 3. - С. 168-177.
267. Оценка размерно-возрастной структуры и рыбоводных качеств производителей щуки Куршского залива / Е.И.Хрусталеv, К.Б. Хайновский, Т.М. Курапова, Е.Г. Лесникова // Материалы междунар. науч. конф. «Инновации в науке и образовании – 2004», посвящ. 10-летию КГТУ / КГТУ.- Калининград, 2004.- С. 35.
268. Оценка рыбоводных качеств судака Куршского залива при его искусственном воспроизводстве. / Е.И. Хрусталеv, М.В. Бахарь, К.Б. Хайновский, М.В. Гребенюк // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды КГТУ. – Калининград, 2006. - С. 96-97.
269. Панасенко, В.А. Характер питания леща в Куршском и Вислинском заливах Панасенко // Закономерности формирования промысловых скоплений и особенности питания рыб

Атлантического океана: сб. науч. тр. АтлантНИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 1978. - № 74. - С. 67 –81.

270. Патент "Способ выращивания половозрелой стерляди для получения пищевой черной икры". (РФ) № 2496313 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012105669, Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

271. Патент "Способ выращивания посадочного материала стерляди". (РФ) № 2496311 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012105667, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

272. Патент "Способ выращивания посадочного материала судака в режиме полицикла". (РФ) № 2514223 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012132130, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

273. Патент "Способ выращивания товарного судака в режиме полицикла". (РФ) № 2520659 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012132129, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

274. Патент "Способ выращивания товарной стерляди". (РФ) № 2496314 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012105670, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

275. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада стерляди". (РФ) № 2496312 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012105668, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

276. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада стерляди". (РФ) № 2496312 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012105668, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

277. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада судака в установках с замкнутым циклом водообеспечения". (РФ) № 2514227 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012132127, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

278. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада судака в установках с замкнутым циклом водообеспечения в режиме полицикла". (РФ) № 2514225 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Голоvtеев // Заявка 2012132128, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

279. Патент на изобретение «Погружное садковое устройство для выращивания рыбы». (РФ) RU 2105471 С1 / Л.Ю. Бугров, Л.А. Бугрова, С.Н. Матвеев // Заявка 96115064/13. Заявлено 12.08.1996; Оpubл. 27.02.1998.

280. Патент на полезную модель "Система водоснабжения рыбоводных хозяйств, расположенных на польдерных землях" (РФ) № 116748 RU. Заявка 2011151948/13, МПК А01К, 61/00. Заявлено 19.12.2011; Оpubл. 10.06.2012. Бюл. № 16. Приоритет 19.12.2011.

281. Патент на полезную модель "Установка для термообработки воды в системе замкнутого водообеспечения разведения рыбы". (РФ) № 127586 RU. / А.Э. Суслов, А.И. Маковская, Е.И. Хрусталеv, Ю.А. Фатыхов // Заявка 2012154760, МПК А01К. Заявлено 17.12.2012; Оpubл. 10.05.2013.

282. Патент на полезную модель "Установка для термopодготовки воды на предприятиях аквакультуры (РФ). -2011109814/06. № 107847 RU, МПК F 25B 29/00. Заявлено 15.03.2011; Оpubл. 27.08.2011. Бюл. № 24. Приоритет 15.03.11. Хрусталеv Е.И., Суслов А.Э., Фатыхов Ю. А., Маковская А.И.

283. Патент на полезную модель «Установка для термopодготовки воды в условиях замкнутого водообеспечения в аквакультуре». (РФ) № 137096 RU. / А.Э. Суслов, А.И. Маковская, Е.И. Хрусталеv, Ю.А. Фатыхов // Заявка № 2013113486, МПК А01Л61/00. Заявлено 26.03.2013 г.; Оpubл. 27.01.2014 г. БИ №3.

284. Пекарскайте В.В., Хрусталеv Е.И. Биотехнические особенности выращивания угря в УЗВ // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ (Казань, 24-29 октября 2016 г.). - Казань: ФГБНУ «ГосНИОРХ». - 2016. -С. 841-847.

285. Первые результаты бассейнового выращивания стальноголового лосося на черноморской воде / А.Г. Ложкин, Е.А. Резников, Г.Ю. Толоконников Г.Ю. // Тез. док. IV Всес. совещ. по науч.-техн. пробл. марикультуры. - Владивосток, 1983. - С. 60-61.

286. Первый опыт выращивания молоди рыба в Калининградской области / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Г.Г. Серпунин, К.Б. Хайновский // Актуальные проблемы пресноводной аквакультуры. - М.: Всерос. НИИ пресноводного рыба. хоз-ва. - 2000. - №75.-С. 81-87.

287. Первый этап разработки технологии выращивания судака в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский, Н.Г. Батухтина // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С. 128-130.

288. Первый этап формирования ремонтно-маточного стада канального сома в установках с замкнутым циклом водообеспечения / Е.И. Хрусталеv, В.А. Шутов, М.Л. Доманевский, С.В. Нифонтов, М.М. Шпачук, К.Б. Хайновский // Всес. совещание по новым объектам и новым технологиям рыбоводства на теплых водах. – М., 1989. - С. 101-102.

289. Персов Г.М. Дифференцировка пола у рыба / Г.М. Персов. - Л.: ЛГУ, 1975. – 147 с.

290. Персов Г.М. Надежность функционирования воспроизводительной способности рыб // Вопросы ихтиологии. - 1972. - Т.12. - № 2. - 147 с.
291. Петрова Т.Г. Инструкция по разведению осетровых рыб / Т.Г. Петрова, С.А. Кушнирова, Н.А. Козовкова. - Москва: ВНИРО, 1991. - 14 с.
292. Петрова Т.Г. Стерлядь как объект аквакультуры // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сб. науч. тр. ВНИИПРХ. - М, 2002. - С. 75-79.
293. Петухов В.Б. Пресноводные угри Anguillidae: репродуктивная биология и аквакультура: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.: 03.00.08. – Минск: ГНУ «Институт зоологии НАН Беларуси», 2004. - 24 с.
294. Пищенко Е.В. Гематология пресноводной рыбы. - Новосибирск: НГАУ, 2002. - 48 с.
295. Поддубный А.Г. Миграции пресноводных рыб во внутренних водоемах / А.Г. Поддубный, Л.К. Малинин. - М.: Агропромиздат, 1988. – 225 с.
296. Подушка С.Б. Способ получения икры от самок осетровых рыб. Авторское свидетельство СССР. № «1412035- 1986.
297. Полициклические технологии выращивания рыбы в установках замкнутого водоснабжения / Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук: Международного научного форума «Достижения академической науки на Юге России / Хрусталева Е.И., Молчанова К.А., Курапова Т.М. // Международной молодежной научной конференции «Океанология в XXI веке: современные факты, модели, методы и средства» памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова. Всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки» (г. Ростов-на-Дону, 13–16 декабря 2017 г.). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. – С. 376-378.
298. Пономарев С.В. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России / С.В. Пономарев, Е.А. Гамыгин, С.И. Никоноров, Е.Н. Пономарева, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. - Астрахань: Нова плюс, 2002. - 264 с.
299. Пономарев С.В. Аквакультура: учебное пособие / С.В. Пономарев, Ю.М. Баканева, Ю.В. Федоровых. – М.: МОРКНИГА, 2016. – 438 с.
300. Пономарев С.В. Биологические основы кормления лососевых рыб в раннем постэмбриогенезе: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - М., 1996. - 50 с.
301. Пономарев С.В. Индустриальное рыбоводство / С.В. Пономарев, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. - СПб: Лань, 2013. - 416 с.
302. Пономарев С.В. Корма и кормление рыб в аквакультуре / С.В. Пономарев, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. - М.: Моркнига, 2013. - 413 с.

303. Пономарев С.В. Лососеводство / С.В. Пономарев. - М.: Изд-во Моркнига, 2012. - 561 с.
304. Пономарев С.В. Осетроводство на интенсивной основе / С.В. Пономарев, Д.И. Иванов. - М.: Колос, 2009. - 311 с.
305. Попов А. В. Фракционный состав сывороточных белков каспийских осетровых и динамика его формирования в раннем онтогенезе // Автореф. дис. . канд. биол. наук. М., 1983. 20 с.
306. Попова В.А. Биологические показатели щуки и окуня в водоемах с различным биологическим режимом и кормностью. Закономерности роста и созревания рыб / В.А. Попова // М.: Наука, 1971. - С. 102-152.
307. Правдин П.Ф. Руководство по изучению рыб / П.Ф. Правдин. - М.: Пищевая промышленность, 1966. - 374 с.
308. Практикум по иммунологии: Учеб. пособие / И.А. Кондратьева. – М., 2004.- 272 с.
309. Привезенцев Ю.А. Выращивание теляпии в индустриальной аквакультуре // Ю.А. Привезенцев, А.В. Жигин. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 58 с.
310. Привезенцев Ю.А. Использование теплых вод для разведения рыб / Ю.А. Привезенцев. - М.: Агропромиздат, 1985. – 176 с.
311. Привезенцев Ю.А. Пути повышения эффективности воспроизводства рыбы в термальных водоемах: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. - М., 1981. - 43 с.
312. Привольнев Т.И. Отношение пресноводных и проходных рыб к различной солености воды // Изв. ГосНИОРХ. – 1964. - Т.58. – С. 58-83.
313. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 8 декабря 2009 г. N 1126 «О мерах по выполнению решений десятой сессии Смешанной российско-литовской комиссии по рыбному хозяйству»
314. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб / В.С. Смирнов [и др.] // сб. науч. тр. СевНИИРХ. - Петрозаводск, 1972. - Т.7. - С. 168.
315. Проскуренко И.В. Замкнутые рыбоводные системы / И.В. Проскуренко - М., 2003. - 148 с.
316. Проскурина Е.С. Разведение рыбца и шемаи на озере Соленом (Кубань). - Труды ВНИРО. – 1978. - № 131. – С. 138–152.
317. Протасов В.Р. Поведение рыб. - М.: пищ. пром-сть, 1978. - 296 с.
318. Пучков Н.В. Физиология рыб / Н.В. Пучков. – М.: Пищепромиздат, 1954. – 372 с.
319. Пьянов Д.С. Особенности доместикиции судака (*Sander lucioperca*) и радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) на этапах роста и созревания в условиях установок замкнутого

водообеспечения / Д.С. Пьянов, К.А. Молчанова, А.Б. Дельмухаметов, Е.И. Хрусталеv // Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ». - Научный журнал «Известия КГТУ». - № 43. – 2016. - С. 55 – 66.

320. Пьянов Д.С. Оценка эффективности кормления судака в УЗВ // Материалы I Всероссий. заочной науч.-техн. конф. аспирантов, молодых ученых и специалистов «Комплексные исследования водных биоресурсов: рыболовство, аквакультура, экология, переработка, экономика и управление рыбохозяйственной отраслью». - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – С. 33-36.

321. Пьянов Д.С. Результаты выращивания судака (*Sander lucioperca*, L.) в режиме полного цикла в установках замкнутого водоснабжения / Д.С. Пьянов, А.Б. Дельмухаметов, Е.И. Хрусталеv // Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», Научный журнал «Известия КГТУ». - № 41. – 2016. - С. 49 – 58.

322. Пьянов Д.С. Рыбоводно-биологические особенности выращивания товарного судака в установках замкнутого водоснабжения: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06. - Калининград, 2017. - 142 с.

323. Пьянов Д.С., Дельмухаметов А.Б. Выращивание посадочного материала судака в установках замкнутого водоснабжения для выпуска в естественные водоемы / Труды второй международной научно-практической конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». - 2014. - С. 67-69.

324. Пьянов Д.С., Дельмухаметов А.Б. Рост и оценка химического состава судака (*Sander lucioperca* L.), выращенного в искусственных условиях // Материалы II Всероссийской молодежной конференции «Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах». СПб: ГосНИОРХ. - 2016. – С. 308-314.

325. Разработка базовых рыбоводно-биологических обоснований предприятий региональной аквакультуры: Отчет о НИР / ФГБОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет"; Руководитель Е.И. Хрусталеv; № ГР 01201364338. – Калининград, 2013.- 32 с.

326. Разработка базовых рыбоводно-биологических обоснований региональной аквакультуры: Отчет о НИР / ФГБОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет"; Руководитель Е.И. Хрусталеv; № ГР И140520143526.- Калининград, 2014. – 46 с.

327. Реализация системы нормированного кормления радужной форели на третьем этапе формирования ремонтно-маточного стада в установках замкнутого водоснабжения / Хрусталеv Е.И., Молчанова К.А., Гончаренко О.Е., Серпунин Г.Г., Шибяев С. В.// Известия КГТУ. - 2019. - №55. - С. 134 – 144.

328. Резанова Г.Н. Стерлядь как объект товарного выращивания // Осетровое хозяйство в водоемах СССР: тез. докл. Научного совещания. – Астрахань, 1989. – С. 274-275.

329. Результаты разработки биотехники выращивания судака в промышленных условиях / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский, Н.Г. Батухтина // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С 91-93.
330. Репечка Р.Т. Сезонная и возрастная динамика, морфофизиологические и биохимические показатели рыбца и леща: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - М, 1986. - С. 24.
331. Ройт А. Иммунология. Пер с англ. / А. Ройт, Дж. Бростофф, Д. Мейл. - М.: Мир. - 2000. - 592 с.
332. Романенко В.Д. Эколого-физиологические основы тепловодного рыбоводства / В.Д. Романенко. - Киев: Наукова думка, 1983. – 140 с.
333. Рудинская Л.В. Влияние солености воды на структуру сообщества донных беспозвоночных в Вислинской лагуне Балтийского моря // Гидробиологические исследования в бассейне Атлантического океана. Калининград: Изд-во АтлантНИРО. - 2000. - Т.1. - С. 50–58.
334. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб / Чебанов М.С., Галич, Е.В. - Анкара: ФАО, 2013. - 325 с.
335. Рыбоводная оценка производителей щуки Куршского залива, используемых для целей искусственного воспроизводства / Е.Г. Лесникова, Е.И. Хрусталеv, К.Б. Хайновский, Т.М. Курапова, А.В. Томилов // Материалы Междунар. науч. конф. «Инновации в науке и образовании – 2003», посвящ. 90-летию высшего рыбохоз. образов. в России /КГТУ. - Калининград, 2003.- С. 45.
336. Рыбоводно-биологические нормы выращивания рыб на сбросных теплых водах ТЭС и АЭС. – М.: ВНИИПРХ, 1985. - 34 с.
337. Рыбоводно-биологические особенности объектов искусственного воспроизводства в трансграничных водоемах Калининградской области. / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Е.Г. Лесникова, О.Е. Гончаренко, К.Б. Хайновский // Инновации в науке и образовании – 2006: междунар. науч. конф. (18-20 окт): труды / КГТУ. – Калининград, 2006. - С. 98-101.
338. Рыбоводно-биологическое обоснование формирования ремонтно-маточного стада судака в промышленных условиях: Отчет о НИР / ФГОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет"; Руководитель Е.И. Хрусталеv; № ГР 01201000470; инв. № 02201000757.- Калининград, 2009.- 25 с.
339. Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / под ред. С.В. Шибаева, М.М. Хлопникова, А.В. Соколова. - Калининград: Изд-во Мишуткина Н.В., 2008.-197 с.
340. Рыбы: попул. энцикл. справ. / Белорус. Сов. Энцикл. Ин-т зоологии АН БССР / под ред. П.И.Жукова. – М.: Бел. СЭ, 1989. – 311с.

341. Рыжков Л.П. Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: метод. указания / Л.П. Рыжков, Т.Ю. Кучко. - Петрозаводск: ПетрГУ, 1997. - 20 с.
342. Сабанеев Л.П. Рыбы России. Жизнь и ловля (ужение) наших пресноводных рыб: в 2 т. Т 2. / Л.П. Сабанеев. - М.: Физкультура и спорт, 1984. – С. 107-129.
343. Савина Л.В. Использование гематологических показателей рыб для оценки новой кормовой добавки МИК БАК и экологического состояния естественных водоемов: Дис. ... канд. биол. наук. - Калининград, 2004.- 188 с.
344. Савина Л.В. Показатели крови клариевого сома (*Clarias gariepinus*) из установки замкнутого водоснабжения / Савина Л.В., Серпунин Г.Г., Хрусталеv Е.И., Саускан В.И. // Известия КГТУ. - 2019. - №55. - С. 103 – 110.
345. Савина Л.В., Серпунин Г.Г., Хрусталеv Е.И. Гематологические показатели клариевого сома (*clarias gariepinus*), выращенного в УЗВ при высоких плотностях посадки // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. - С. 68-72.
346. Савостьянова Г.Г. Методические указания по проведению селекционноплеменной работы в форелеводстве. - Л.: Гос. НИИ озер., и реч. рыб. хоз-ва, 1974. - 17 с.
347. Савостьянова Г.Г. Рыбохозяйственная оценка различных групп радужной форели // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. - Л.: Гос. НИИ озер., и реч. рыб. хоз-ва. - 1969. - № 2. - С. 25 - 27.
348. Сакун О.Ф. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкая. - М.: ВНИРО. - 1968. – 98 с.
349. Самохвалова Л.К. Продукция щуки в Куршском заливе // Рыбн. хоз-во. - 1975. - № 10. - С.16-18.
350. Самохвалова Л.К. Щука (*Esox lucius* L.) как компонент ихтиофауны Куршского залива: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Калининград, 1974.-28 с.
351. Самохвалова Л.К. Биологическая характеристика щуки // Сырьевая база Куршского залива и пути ее рационального использования: сб. науч. тр. АтлантНИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 1971. - №. 16. - С. 148-152.
352. Саускан В.И. Оценка перспектив рыболовства в Мировом океане на основе анализа трендов общих уловов основных промысловых видов рыб в 1950-2007 гг. // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: к 100-летию высш. рыбохоз. образования России: тр. науч. конф. Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "КГТУ (25-26 сент., Калининград). - Калининград: ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2013. - С. 111-114.

353. Сементина Евгения Владимировна. Ихтиогематологические показатели как критерий условий выращивания и обитания рыб: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06. Калининград, 2011. - 241 с.
354. Сентищева С.В. Морфологическая оценка качества потомства, полученного от производителей радужной форели с разным уровнем кормления // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыбное хозяйство. - 1997. - С. 53-57.
355. Серпунин Г.Г. Биологические основы рыбоводства. - М.: Колос, 2009. - 384 с.
356. Серпунин Г.Г. Биотехника искусственного воспроизводства молоди рыба в Калининградской области / Г.Г. Серпунин, Е.И. Хрусталева, К.Б. Хайновский, Т.М. Курапова. // сб. науч. тр. международной науч. - технической конференции. Калининград: КГТУ, 2000. – Ч.1. – С. 133-135.
357. Серпунин Г.Г. Гематологические показатели адаптаций // Г.Г. Серпунин. - Калининград: КГТУ, 2010. - 460 с.
358. Серпунин Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб: учебник. - М.: Колос, 2010. - 256 с.
359. Серпунин Г.Г. Методы гематологических исследований рыб / Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина. Методические указания для самостоятельной работы студ. высш. учеб. заведений по напр. 110900.68. Водные биоресурсы и аквакультура. - Калининград: КГТУ, 2005. -78 с.
360. Скорняков В.И. Практикум по ихтиологии / В.И. Скорняков, Т.А. Аполлова, А.Л. Мухордова. - М., 1986. – 269 с.
361. Смирнов В.С. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб / В.С. Смирнов [и др.] // Труды СевНИИРХ. -Петрозаводск, 1972. – Т.7. - С. 168.
362. Смирнов В.С. Использование веса мозга рыб в качестве морфофизиологического индикатора / В.С. Смирнов, Л.В. Бруснынина // Экология. – 1974. - №3. – С. 237-241.
363. Смирнов В.С. Относительный вес сердца как показатель внутривидовых группировок / В.С. Смирнов, И.М. Божко // Труды Института экологии и животных. - 1970. - № 2. - С. 174 - 193.
364. Смирнова Е. Н. Морфо-экологический анализ развития рыб //Сб. научн.тр./Института морфологии животных 1967. -С. 65-69.
365. Смирнова Е. Н. Особенности развития кубанского рыба в эмбриональном и личиночном периодах жизни //Сб. науч.тр. Института морфологии животных АН СССР,- 1957. - Вып. 20. С. 274 - 289.
366. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова // Спб.: Лань, 2017. - 416 с.

367. Сорвачев К.Ф. Основы биохимии питания рыб / К.Ф. Сорвачев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 247 с.
368. Сорокина М.Н. Результаты адаптации молоди судака *Sander Lucioperca* (Linnaeus, 1758) к выращиванию в индустриальных условиях / М.Н. Сорокина, А.В. Ковалева, Е.Н. Пономарева Е.Н. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия Рыбное хозяйство. - 2009. - № 2. - С. 95-99.
369. Спешилов Л.И. Физиологические аспекты выращивания лососевых рыб в морской воде / Л.И. Спешилов // Труды ВНИРО. – 1978. - Т. 130. – С. 30-43.
370. Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах / С. Спотт. – М., 1983. – 192 с.
371. Справочник по озерному и садковому рыбоводству / Г.П. Руденко [и др.]. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 312 с.
372. Справочник по племенным рыбоводным хозяйствам Российской Федерации / под ред. А.К. Богерука. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. - 184 с.
373. Справочник по физиологии рыб / А.А. Яржомбек [и др.] - М.: Агропромиздат, 1986. - 192 с.
374. Сравнительный анализ органо-соматических показателей гибридов осетровых рыб естественных генераций и полученных в искусственных условиях / Е.А. Федосеева, В.М. Распопов, С.С. Астафьева // сб. науч. тр. Астрахань, 2006. - С.60-62.
375. Стандартная модель массонакопления рыбы / В.Ф. Резников, С.А. Баранов, Е.А. Стариков, Г.И. Толчинский // сб. науч. тр. ВНИИПРХ. — М.: ВНИИПРХ, 1978. - № 22. - С. 182-196.
376. Статистические данные КОСРК по уловам в Калининградском заливе. – Калининград: КОСРК, 2002-2013. - 18 с.
377. Статистические данные КОСРК по уловам в Куршском заливе. - Калининград: КОСРК, 2002-2009 гг.- 26 с.
378. Стеффенс В. Индустриальные методы выращивания рыбы / В. Стеффенс. – М.: Агропромиздат, 1985. – 383 с.
379. Строганов Н.С. Экологическая физиология рыб / Н.С. Строганов. – М., 1962. – 425 с.
380. Суханова Е.Р. Выживание личинок и мальков рыба в воде различной солености // Сб. науч. тр. Азовский НИИ рыб. хоз-ва. – 1957. – № 2. - С.57-64.
381. Суханова Е.Р. Экологический метод воспроизводства рыба и шемаи / Е.Р. Суханова, Е.Д. Козловский // М.: Рыбное хозяйство, 1968. - № 11. – С. 47-54.
382. Сыроватская Н.И. О типе икротетания донского леща / Н.И. Сыроватская // ДАН СССР. - 1949.- Т.66.-№ 5.- С. 1001-1004.

383. Твердохлеб О.А. Международный просветительский научно-производственный рыбохозяйственный центр (МПНП ЦЕНТР) / О.А. Твердохлеб, Е.И. Хрусталева // Рыбное хозяйство в Литве: труды IX международной конференции «Виштитис форум». - Вильнюс: ЛГЦРРИ, 2009. - С.128-130
384. Теклу Гонтом Гебретнсае, Хрусталева Е.И. Первый опыт искусственного воспроизводства щуки на УОХ КГТУ // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. - С. 73-78.
385. Тен В.В. Популяционная структура, жизненный цикл и продукционная характеристика мизид Вислинского залива // Гидробиологические исследования в Атлантическом океане и бассейне Балтийского моря: сб. науч. тр. Атлант НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1994. – С. 64-84.
386. Терентьева Е.Г. Сравнительная характеристика стальноголового лосося, радужной форели и их реципрокных гибридов // сб. науч. тр. ГосНИОРХ. - 1983. - № 195. - С. 19-26.
387. Технология выращивания и эксплуатации маточных стад стерляди в УЗВ / А.В. Ширяев [и др.] // Сб. науч.-технол. и метод. Документации по аквакультуре. – М.: ВНИИПРХ, 2001. – С. 198-206.
388. Технология выращивания товарного осетра в установках с замкнутым циклом водообеспечения / А.Ю. Киселев [и др.]. – М.: ВНИИПРХ, 1995. - 19 с.
389. Технология выращивания товарного угря / А.Ю. Киселев, В.А. Слепнев, А.Ю. Ильясов // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре. – М.: ВНИРО. 2001. – 83 с.
390. Технология формирования и эксплуатации маточных стад сибирского осетра в условиях промышленных тепловодных хозяйств / В.К. Виноградов [и др.]. // Сб. науч.-технол. и метод. документации по аквакультуре. – М.: ВНИИПРХ, 2001. – С. 185-198.
391. Титарев Е.Ф. Рекомендации по формированию маточного стада разных форм радужной форели / Е.Ф. Титарев, Л.Н. Титарева, Л.С. Сергеева / Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре. - М.: ВНИРО, 2001. - 242 с.
392. Титарев Е.Ф. Холодноводное форелевое хозяйство / Е.Ф. Титарев. - Рыбное: ДФ ФГОУ ВПО «АГТУ», 2005. - 124 с.
393. Товарное лососеводство / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова, Л.В. Савина, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова // М.: МОРКНИГА, 2017. - 487 с.
394. Товарное рыбоводство: практикум / Учебник: Ворошилина З.П., Саковская В.Г., Хрусталева Е.И.- М.: Колос, 2009. - 266 с.

395. Троицкая П.А. Изменение кислотной стойкости эритроцитов при введении инсулина и адреналина / П.А. Троицкая // Вопросы биофизики, биохимии и патологии эритроцитов / Под ред. Г.М. Франка, В.Т. Поэтовой. – М.: Наука, 1967. – С. 304-309
396. Туменов А. Н., Бакиев С.С. Рыбоводно-биологические показатели молоди белуги, стерляди, русского осетра и севрюги при выращивании в системе УЗВ // Международный Научный Институт “Educatio” IX (16), 2015. С. 6-9
397. Тылик К.В. Ихтиофауна водоемов Калининградской области / К.В. Тылик. – Калининград, 2003. – 135 с.
398. Тылик К.В. Предварительные данные по биологии рыбца (*Vimba vimba vimba*, L) реки Шешупе / К.В. Тылик, С.В. Шибаетов, О.А. Новожилов // сб. науч. тр. Атлантический НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 2000. -Т.1. - С.34-39.
399. Тытарев К.А., Хрусталева Е.И., Курапова Т.М. Оценка темпа роста клариевого сома в УЗВ / БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VI Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - С. 41-45.
400. Ус В.В. Биология *Anguillicola crasus* возбудителя ангуилликулеза угрей и эпизоотология заболевания: Автореф. дисс....канд. биол. наук.- Минск, 1996.-24 с. 57
401. Федорченко В.И., Мустаев С.Б., Акимов В.А. Результаты внедрения интенсивной технологии выращивания рыбы в Егорьевском рыбокомбинате // Сб. науч. тр. Комплексная интенсификация прудового рыбоводства. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - № 56. - С. 3-13.
402. Федорченко В.И., Новоженин Н.П., Зайцев В.Ф. Товарное рыбоводство. - М.: Агропромиздат, 1992. - 208 с.
403. Федорченко В.М., Федорченко Ф.Г., Акимов В.А., Михеева И.В. Технология выращивания рыбы в поликультуре с выходом 5-7 т/га в прудах 1-2 зон рыбоводства. - М.: ВНИИПРХ, 1986. - 28 с.
404. Федосеева Е.А. Рыбоводно-биологическая и морфофизиологическая характеристика гибридов русского осетра: Автореферат. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. М.: ВНИИПРХ. – М, 2004. – 25 с.
405. Федосеева Е.А. Физиологические нормы молоди бестера при различных технологиях выращивания / Е.А. Федосеева, С.С. Астафьева // Рыбное хозяйство. - М.: 2006. - № 2. — С. 68-67.
406. Филатов В.И. Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. / В.И. Филатов. - М., 1991. – 89 с.
407. Филатов В.И. Технология полициклического производства товарного карпа в установках с замкнутым циклом водообеспечения / В.И. Филатов [и др.]. // М.: ВНИИПРХ, 1999. - 8 с.

408. Хайновский К.Б. Обоснование оптимальных схем зарыбления трансграничных водоемов молодь угля / К.Б. Хайновский, Е.И. Хрусталева, Н.Г. Батухтина // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С. 88-89.
409. Хайновский К.Б. Разведение канального сома в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ): Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 ВНИИПРХ. - М, 1993.- 26 с.
410. Хлебович В.В. Критическая солёность биологических процессов / В.В. Хлебович. - Л.: Наука, 1974. - 235 с.
411. Хлопников М.М. Интенсивность питания, трансформации вещества и энергии бентосоядными и хищными рыбами в Вислинском заливе Балтийского моря // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: сб. науч. тр. АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1992. – С. 129-145.
412. Хлопников М.М. Особенности питания и распределения угля в Вислинском заливе Балтийского моря // Питание морских рыб и использование кормовой базы как элементы промыслового прогнозирования. тез. докл. всесоюз. конф (Мурманск, 12-14 апр. 1988 г.) – Мурманск, 1988. – С. 33-34.
413. Хлопников М.М. Питание хищных рыб в Вислинском заливе Балтийского моря // Вопросы ихтиологии. - 1992. - № 32 (3). – С. 171-176.
414. Хлопников М.М. Пищевые отношения бентосоядных рыб Вислинского залива // Экологические рыбохозяйственные исследования в Вислинском заливе Балтийского моря: сб. науч. тр. АтлантНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград, 1992. – С. 165-188.
415. Хлопников М.М. Состояние запасов и их динамика в Куршском и Вислинском заливах Балтийского моря в современных экологических условиях // Гидробиологические исследования в Атлантическом океане и бассейне Балтийского моря: сб. науч. тр. АтлантНИРО. - Калининград, 1994. - № 62. - С. 71-82.
416. Хоар У. Биоэнергетика и рост рыб / У. Хоар, Д. Рендолл, Дж. Бретт. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 408 с.
417. Хойчи Д. Руководство по искусственному воспроизводству форели в малых водоёмах / Д. Хойчи, А. Войнарович, Т. Мот-Поульсен. - Будапешт: ФАО, 2012. - 20 с.
418. Хрусталева Е.И. Результаты выращивания сеголетков стерляди в бассейнах и садках в условиях аномально теплого лета / Е.И. Хрусталева, М.С. Величко, К.Б. Хайновский // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: материалы докладов Международного симпозиума (16-18 апреля 2007 г.). - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007.- С. 380-383.

419. Хрусталеv Е.И. Целесообразные решения при организации работ по рыбохозяйственной мелиорации в акватории Калининградского и Куршского заливов // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды IV международной научной конференции «Водных биоресурсов, аквакультуры и экологии водоемов». – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - С. 130-132.
420. Хрусталеv Е.И. Биологические и технологические основы развития аквакультуры в Калининградской области // Рыбное хозяйство, 2008. - № 3.- С. 69-70.
421. Хрусталеv Е.И. Биотехнические аспекты искусственного воспроизводства линя Куршского залива / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренко // Рыбное хозяйство. – 2008. - № 3. - С. 75-77.
422. Хрусталеv Е.И. Возрастные изменения морфофизиологических показателей у судака первой генерации при выращивании в условиях замкнутого водообеспечения / Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. - № 12 (200). - С. 85-91.
423. Хрусталеv Е.И. Возрастные изменения морфофизиологических показателей у судака второй генерации при выращивании в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.А. Молчанова К.А. // М.: Рыбное хозяйство, 2018. - №1. - С. 83 – 87.
424. Хрусталеv Е.И. Воспроизводство угря *Anguilla anguilla* L. / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский // Биотехника искусственного воспроизводства рыб, раков и сохранение запасов промысловых рыб.- Вильнюс: Литовское гидробиологическое общество, 2008.- С. 123-129.
425. Хрусталеv Е.И. Выращивание радужной форели в условиях Калининградской области / Е.И. Хрусталеv, В.А. Панасенко // Рыбное хозяйство. - М. - 1982. - № 6.- С. 54-55.
426. Хрусталеv Е.И. Гематологические показатели угря при выращивании в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина. // Рыбное хозяйство. - 2019. - № 3. - С. 100 – 104.
427. Хрусталеv Е.И. Динамика развития половых продуктов у радужной форели в условиях солоноватого водоема // Всес. семинар по интенсификации форелеводства. – М. - 1987. - С. 69-70.
428. Хрусталеv Е.И. Изменения морфофизиологических показателей молоди линя, рыба, стерляди от солености воды // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2010. - №3. – С. 71-73.
429. Хрусталеv Е.И. Индустриальное рыбоводство / Е.И. Хрусталеv, К.Б. Хайновский. - Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2006. - 339 с.
430. Хрусталеv Е.И. Искусственное воспроизводство линя *Tinca tinca* L. / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский // Биотехника искусственного воспроизводства рыб, раков и сохранение запасов промысловых рыб. - Вильнюс, 2008. - С. 130-140.

431. Хрусталеv Е.И. Искусственное воспроизводство стерляди *Acipenser ruthenus* L. / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский // Биотехника искусственного воспроизводства рыб, раков и сохранение запасов промысловых рыб. - Вильнюс, 2008.- С. 8-16.
432. Хрусталеv Е.И. Корма и кормление в аквакультуре / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова. - Спб.: Лань, 2017. - 388 с.
433. Хрусталеv Е.И. Морфофизиологические особенности производителей линя, рыбца, щуки в нерестовый период / Е.И. Хрусталеv // Вопросы рыболовства, 2011.-Т.12.- №2 (46). - С. 293-299.
434. Хрусталеv Е.И. Морфофизиологические особенности ремонтного стада судака на различных этапах выращивания в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Л.В. Савина, О.Е. Гончаренко, А.Б. Дельмухаметов, В.А. Аминева // Рыбное хозяйство, 2012.- № 2.- С. 82-84.
435. Хрусталеv Е.И. Научное и технологическое обеспечение развития аквакультуры в Калининградской области / Е.И. Хрусталеv, В.В. Жуков, В.В. Брюханов, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова // Рыбное хозяйство, 2011.- № 1.- С. 74-77.
436. Хрусталеv Е.И. О целесообразности изменения режима кормления стерляди в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.А. Молчанова, З. Х. Абдулрахман // Воронеж: Научно-теоретический журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания», 2017. - № 2(16). - С. 29-34.
437. Хрусталеv Е.И. Оптимизация методов получения зрелых половых продуктов у производителей линя при заводском воспроизводстве / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренко, К.Б. Хайновский // Рыбное хозяйство. - 2007.- № 2.- С. 87-89.
438. Хрусталеv Е.И. Особенности выращивания сеголетков стерляди в бассейнах и садках при высоком фоне температуры и активной реакции воды / Е.И. Хрусталеv, М.С. Величко, К.Б. Хайновский // Рыбное хозяйство. - 2008. - № 2. - С. 80-81.
439. Хрусталеv Е.И. Оценка влияния солености воды на рост и жизнестойкость молоди линя, рыбца, стерляди // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2010. - №2. – С. 70-71.
440. Хрусталеv Е.И. Оценка иммунофизиологического статуса некоторых объектов индустриальной аквакультуры (на примере стерляди и клариевого сома) / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, Л.В. Савина // Рыбное хозяйство, 2011.- № 5.- С. 60-63.
441. Хрусталеv Е.И. Оценка приемной емкости экосистем Куршского и Вислинского заливов в зарыбляемой молоди угря (*Anguilla anguilla* L.) // Рыбное хозяйство. - 2009. - № 1.- С. 67-69.

442. Хрусталеv Е.И. Оценка приемной емкости экосистемы Куршского залива для все-ляемой молодежи ценных видов рыб / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.А. Молчанова // М.: Рыбное хозяйство. - № 4. - 2016. - С. 76 – 81.
443. Хрусталеv Е.И. Оценка ростовой потенции канального и клариевого сомов, обосновывающая полициклические технологии выращивания // Рыбное хозяйство. – 2010.- № 4.- С. 65-68.
444. Хрусталеv Е.И. Оценка эффективности кормления радужной форели на этапах формирования ремонтно-маточного стада в установках замкнутого цикла водообеспечения / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова, К.А. Елфимова // Научно-теоретический журнал НП "ТППП АПК", 2014. - № 1. – 5 с.
445. Хрусталеv Е.И. Первые результаты разработки биотехники выращивания судака в промышленных условиях / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, А.Б. Дельмухаметов // Рыбное хозяйство, 2009. - № 1.- С. 62-64.
446. Хрусталеv Е.И. Первый этап разработки технологии формирования маточного стада форели в установке замкнутого цикла водообеспечения / А.Э. Сулов, А.И. Маковская, Е.И. Хрусталеv, Ю.А. Фатыхов // Научный журнал «Известия КГТУ», Калинин-град: ФГБОУ ВПО «КГТУ», № 35. - 2014. -С. 131 – 142.
447. Хрусталеv Е.И. Перспективы развития угреводства в Калининградской области / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.А. Молчанова, И.Е. Шаповалова // М.: Рыбное хозяйство, № 4. - 2016. - С. 72 – 75.
448. Хрусталеv Е.И. Повышение эффективности предприятий аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, А.Э. Сулов, Ю.А. Фатыхов, А.И. Маковская // Рыбпром. – 2010. - №3.-С. 104-108.
449. Хрусталеv Е.И. Показатели судака при выращивании в искусственных условиях / Е.И. Хрусталеv, А.Б. Дельмухаметов // Известия КГТУ. - 2009. - № 17. - С. 14-18.
450. Хрусталеv Е.И. Полициклические технологии в промышленном рыбоводстве // Рыбное хозяйство. – 2008. - № 5.- С. 57-59.
451. Хрусталеv Е.И. Полициклические технологии выращивания молодежи ценных видов рыб / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, Е.Г. Лесникова // Рыбное хозяйство. – 2009. - № 2. - С. 64-66.
452. Хрусталеv Е.И. Применение элементов рециркуляционной системы при выращивании сеголетков форели // Сб. науч. трудов ВНИИПРХ, 1985.- № 46. - С. 126-131.
453. Хрусталеv Е.И. Расчет величины приемной емкости и перспективность угреводства в бассейне трансграничных водоемов / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С. 93-94.

454. Хрусталеv Е.И. Рациональные решения проблемы восстановления промысловых популяций угря в рыбохозяйственных водоемах Калининградской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - Т.11.- № 1(2). - 2009.- С. 174-178.
455. Хрусталеv Е.И. Рыбоводно-биологические особенности выращивания радужной форели в солоноватых водах: Дис...канд. биол. наук. – Калининград, 1986. – 186 с.
456. Хрусталеv Е.И. Рыбоводно-биологические показатели судака при выращивании в искусственных условиях / Е.И. Хрусталеv, А.Б. Дельмухаметов // Известия КГТУ. - 2010. - № 17. - С. 161-165.
457. Хрусталеv Е.И. Рыбоводный комплекс на польдерных землях / Е.И. Хрусталеv, В.В. Жуков, М.С. Величко // Рыбное хозяйство. – 2009. - № 2.- С. 70-72.
458. Хрусталеv Е.И. Искусственное воспроизводство рыбка *Vimba vimba* L. / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, К.Б. Хайновский // Биотехника искусственного воспроизводства рыб, раков и сохранение запасов промысловых рыб. - Вильнюс, 2008.- С. 141-153.
459. Хрусталеv Е.И. Совершенствование технологии зарыбления линем водоемов / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренок // Рыбоводство. – 2008. - № 1.- С. 26-28.
460. Хрусталеv Е.И. Технологии региональной аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренок, Т.М. Курапова, К.А. Елфимова // Научно-теоретический журнал НП "ТППП АПК", 2014. - № 1. – 7 с.
461. Хрусталеv Е.И. Технология выращивания канального сома в установках с замкнутым циклом водоиспользования / Е.И. Хрусталеv, В.И. Филатов, Е. Гепецкий, А.Ю. Киселев. – М.: ВНИИПРХ, 1991. – 22 с.
462. Хрусталеv Е.И. Технология формирования маточного стада судака в установках с замкнутым циклом водообеспечения / Е.И. Хрусталеv, А.Б. Дельмухаметов // Рыбное хозяйство, 2012.- № 1.- С. 70-72.
463. Хрусталеv Е.И. Товарное осетроводство / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Э.В. Бубунец, В.Е. Хрисанфов, А.В. Жигин. - Спб.: Лань, 2016. -297 с.
464. Хрусталеv Е.И. Формирование маточного стада радужной форели в солоноватой воде / Е.И. Хрусталеv, Н.П. Новоженин // Рыбное хозяйство, М. - 1989. - № 11.- С. 34-36.
465. Хрусталеv Е.И. Хрусталеv Е.И. Сравнительная оценка раскрытия ростовой и адаптогенной потенции у окской, камской и нижеволжской стерляди в условиях УЗВ // Рыбное хозяйство. - 2010. - № 6. - С. 83-85.
466. Хрусталеv Е.И., Брюханов В.В. Цель и задачи в рамках проекта ТАСИС «Стимулирование использования ресурсов рыбного хозяйства в регионе Соседства» // Международная научно-техническая конференция «Инновации в науке и образовании: наука, образование и производство»: труды ФГОУ ВПО КГТУ.- Калининград, 2007.- С. 89-91.

467. Хрусталеv Е.И., Величко М.С. Адаптационные возможности молоди стерляди при выращивании в различных рыбоводных системах // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы докладов IV Международной научно-практической конференции (13-15 марта 2006 г.). - Астрахань. - М.: ВНИРО, 2006.- С.173-177.

468. Хрусталеv Е.И., Величко М.С. Перспективы вселения стерляди в Куршский залив // Материалы научно-практической конференции "Результаты и перспективы акклиматизационных работ (10-13 декабря 2006). – Клязьма, 2007.- С.108-113.

469. Хрусталеv Е.И., Величко М.С. Перспективы вселения стерляди в Куршский залив // Результаты и перспективы акклиматизационных работ: материалы науч.-практ. конф. - М.: ВНИРО, 2008. - С. 108-113

470. Хрусталеv Е.И., Гончаренко О.Е. Обоснование алгоритма выращивания стерляди по комбинированной технологии // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VII Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019 - С. 78-82.

471. Хрусталеv Е.И., Дельмухаметов А.Б., Пьянов Д.С. Сравнительная характеристика различных генераций судака, выращенных в условиях установок замкнутого цикла водообеспечения (УЗВ) / «Тезисы докладов XXIX Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера». – Мурманск: ПИНРО, CD-R. - 2013.- 2 с.

472. Хрусталеv Е.И., Казимирченко О.В., Пекарскайте В.В. Мониторинг рыбоводного процесса выращивания угря в УЗВ // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды III международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. - С. 72 – 75.

473. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М. Влияние солености на динамику морфофизиологических индексов молоди рыба // Междунар. науч-технич. конф. «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России: сб. тез. и докл. (Адлер, 24-27 сент. 2001 г.). - Краснодар: КрасНИИРХ, 2001. - С. 201-202.

474. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М. Результаты выращивания разновозрастной стерляди в УЗВ // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VI Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - С. 55-60.

475. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М. Характеристика нерестового стада балтийского рыба р. Шешупе // Междунар. науч-технич. конф. «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России: Сб. тез. и докл. (Адлер, 24-27 сент. 2001 г.). - Краснодар: КрасНИИРХ, 2001. - С. 133-135.

476. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А. Особенности кормления стерляди в УЗВ // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды IV международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». - Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - С. 128-130
477. Хрусталеv Е.И., Лесникова Е.Г. Разработка методов оптимизации биотехнического процесса выращивания молоди щуки // Материалы междунар. науч. конф. «Инновации в науке и образовании – 2004», посвящ. 10-летию КГТУ / КГТУ.- Калининград, 2004.- С. 35.
478. Хрусталеv Е.И., Молчанова К.А. О перспективах товарного лососеводства на территории Калининградской области // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды III международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». - Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. - С. 104 – 108.
479. Хрусталеv Е.И., Молчанова К.А., Абдулрахман З.Х. Особенности раскрытия ростовой потенции у разных объектов аквакультуры // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: труды V международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. - С. 154-158.
480. Хрусталеv Е.И., Молчанова К.А., Гончаренок О.Е. Реализация на практике расчетной модели роста угря (*Anguilla anguilla* L.) в УЗВ // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы VI Международного Балтийского морского форума. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - С. 60-63.
481. Хрусталеv Е.И., Панасенко В.А. Биологические особенности формирования и содержания маточного стада радужной форели в условиях солоноватых вод // Сб. науч. трудов ВНИИПРХ, 1984.- № 43.- С. 117-122.
482. Хрусталеv Е.И., Тыханова А.И. Характеристика производителей радужной форели и потомства при содержании их в солоноватой воде // Сб. науч. трудов ВНИИПРХ, 1985.- № 46. - С. 141-147.
483. Хрусталеv, Е.И. К вопросу о возможности вселения стерляди в бассейн Куршского залива / Е.И. Хрусталеv, М.С. Величко // Инновации в науке и образовании – 2005: междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию основания КГТУ и 750-летию Кенигсберга-Калининграда: труды. - Калининград: КГТУ, 2005. - С. 106.
484. Цуладзе В.Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб: на примере радужной форели / В.Л. Цуладзе. - М.: Агропромиздат, 1990. – 156 с.
485. Чебан А.И. О плодовитости линея Кучурганского водоема-охладителя Молдавской ГРЭС / А.И. Чебан // Биол. ресурсы водоемов Молдавии. – 1975. – № 13. – С. 94-104.
486. Шамардина И.П. Этапы развития щуки // Труды института морфологии и животных им А.Н. Северцева. – 1957. – № 16. – С. 66-79.

487. Швагждис А. Влияние окружающей среды и антропогенных факторов на изменение уловов рыбы в Куршском заливе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Каунас, 2009. - 24 с.
488. Шварц С.С. К вопросу о развитии некоторых интерьерных признаков наземных позвоночных животных // Зоологический журнал. - 1956. - Т.35. - № 6. - С. 804 – 819.
489. Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных животных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский // сб. науч. тр. ин-та экологии растений и животных УФАН СССР. -1968. - № 58. - С. 459-466.
490. Шварц С.С. Скорость роста и размеры мозга рыб / С.С. Шварц, В.Г. Грищенко // Зоологический журнал. - 1986. - №17. - № 6. – С. 167 – 201.
491. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции / С.С. Шварц. -М.: Наука, 1980. – 278 с.
492. Эрм В. Миграции производителей // Биология и промысловое значение рыбцов (Vimba) Европы / В. Эрм, С. Бонтемпе, Р. Вольскис – Вильнюс: Минтис, 1970. – С. 71 – 100.
493. Юшкова Ю. А. Биотехника воспроизводства и выращивания молоди клариевого сома в режиме полицикла в условиях установки с замкнутым водообеспечением: Дис. ... канд. с-х. наук. – Орел, 2009. – 133 с.
494. Янкявичус В.В. Итоги комплексного исследования / В.В. Янкявичус, Куршю Марес, К.С. Гайгалас // Тр. АН ЛитССР, 1959. - С. 182-193.
495. Яржомбек А.А. Справочник по физиологии рыб / А.А. Яржомбек [и др.]. – М., 1986. – 192 с.
496. Adamek J. Rozród i podchów wylęgu suma afrykańskiego *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) // Część I – Komun. Ryb. № 6, 1993. – P. 19-21.
497. Adamek J. Sum Afrykański Technologia chowu // Instytut Rybactwa Śródlądowego, 2005. - Olstyn. – 102 p.
498. Adamek J. Wyniki chowu larw suma afrykańskiego *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) // Różnych zagęszczeniach – Komun. Ryb. № 5, 2002. - P. 16-19.
499. Adamek J. Wyniki chowu narybku suma afrykańskiego *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) w różnych zagęszczeniach // Komun. Ryb. № 6, 2002. – P. 15-18.
500. Aller Aqua: Denmark, 2020 [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.alleraqua.com/ru> (дата обращения: 15.07.2016).
501. Andrews J.M. Temperature requirements for high density rearing of channel catfish from fingerling to market size / J.M. Andrews, L.M. Knight, T. Murai // Progressive Fish – Culturist, 1972. - V. 34. - № 4. – P. 240 – 241.
502. Арытакінės žuvų auginimo sistemos Lietuvos hidrobiologu draugija. Рыбоводство в замкнутых системах / A. Domarkas, O.Goncarenok, E. Chrustalio, L. Kerosierius, T. Ku-rapova, V.

Kirsnickis, J. Poviliunas, E. Radaityte, A. Rutkauskas, L. Savina, R. Sertvytis, D. Venciene, V. Zukov. - Vilnius, 2010. - p.280.

503. Aquacultural Engineering / Fredrick Warner Wheaton. - New York: Wiley, 1977. - 708 p.

504. Babiker M.M. Aspects of the biology of the catfish *Clarias lazera* to its economic cultivation // *Hydrobiologia* №110, 1984. – P. 295-304.

505. Baránek V. Comparison of two weaning methods of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) from natural diets to commercial feed / V. Baránek, J. Dvořák, V. Kalenda, J. Mareš, J. Zrustová, P. Spurný // *Proceeding of International Ph.D. Students Conference «MendelNet'07 Agro»*. - Brno: Mendel University, 2007. – 45 p.

506. Bovendeur J. Design and performance of a water recirculation system for high – density culture of the African catfish *Clarias gariepinus* / J. Bovendeur, E.H. Eding, A.M. Henken // *Aquaculture* № 63, 1984. - P. 329-353.

507. Brauhn J.S. Fall spawning of channel catfish // *Progressive Fish – Culturist*, 1971. - V.33. - № 3. – P. 150 – 152.

508. Brauhn J.S. Ovary naturation in channel catfish / J. S. Brauhn, J. McCrarent // *Progressive Fish Culturist*. - 1973. - V. 37. - № 4. – P. 150 - 152.

509. Broussard M.C. High-density culture of channel catfish in a recirculating system / M.C. Broussard, B.A. Simco // *Progressive Fish – Culturist*, 1976. V. 38. № 3. - P. 138 – 141.

510. Bulow F.J. The suitability of strip-mine ponds for producing marcerabl channel catfish // *Progressive Fish. – Culturist*, 1967. -V.29. - № 4. – P. 222 – 228.

511. Carter R.R. Effects of flow rate and aeration on survival and growth of channel catfish in circular tanks / R.R. Carter, K.O Allen // *Progressive Fish. – Culturist*, 1976. - V.38. - № 4. – P. 204 – 206.

512. Catalogue Aquacultur Fishtechnik GmbH. 2020 [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.aquacultur.de> (дата обращения: 15.07.2016).

513. Comparison of two weaning methods of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) from natural diet to commercial feed / V. Baránek, J. Dvořák, V. Kalenda at al. - 2007. – <http://mnet.mendelu.cz/mendelnet07agro/articles/zoo/baranek.pdf>

514. Concil Regulation establishing measures for the recovery of the stock of European Eel. - Brussel, 2005.- 11 p.

515. Conroy D.A. Studies on hematology of the Atlantic salmon, *Salmo salar* L. // *Disc. of Fish Proc. Symp. Lond.* - 1971. - P. 101 – 127.

516. Dabrobsky K. Sperm quality and ascorbic acid concentration in rainbow trout / K. Dabrobsky, A. Ciereszko // *Biological reproduction*. - 1995. - № 5. - P. 982-985.

517. Dalsgaard J. Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives / J. Dalsgaard, I. Lund, R. Thorarinsdottir, A. Drengstig, K. Arvonen, P.B. Pedersen // *Aquacultural Engineering*. – 2013. – V. 53. – P. 2-13.
518. Draft report on the proposal for a Council regulation establishing measures for the recovery of the stock of European Eel // *European Parliament: Committee on Fisheries*.- 2005. - PR / 599252 EN.doc.- 11 p.
519. Dryden H. Oxygen transfer efficiency // *Eurofish*. - 2000.- № 2. – P. 64 -66.
520. Evaluating the physiological state of starlet (*Acipenser ruthenus* L.) fry reared in brackish water / Khrustalev Ye.I., Kurapova T.M., Velichko M.S. [et al.] // *Actual status and active protection of sturgeon fish populations endangered by extinction*. – Olsztyn: Mirdruk, 2008. P. 281-289
521. Facts and figures of the farming industry of African catfish (*Clarias gariepinus*) in Europe / J.A.J. Verreth, E. Eding // *Aquaculture and Fisheries. Short communic., EAS Special Public*. 20. 1993. P. 21-23
522. FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2014. – 243 pp.
523. Fontell, E., Lehtonen, H., & Lappalainen, J. T. (2004). Influence of temperature and depth on spawning site selection of pikeperch (*Sander lucioperca*) in the Helsinki sea area. In T. P. Barry, & J. A. Malison (Eds.), *Proceedings of Percis III : The Third International Percid Fish Symposium* (pp. 103-104)
524. Frisk M. Optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate / M. Frisk, P.V. Skov, J.F. Steffensen // *Aquaculture*. – 2012. – V. 324-325. – P. 151-157.
525. Gaigalas K. *Kursiu mariu baseino zuvys ir zvejyba* / K. Gaigalas. - Kaipeda: Egle, 2001. – 369 p.
526. Grizzle J.M. *Anatomy and Histology of the channel catfish* / J.M. Grizzle, W.A. Rogers // *Alabama Agricultural Experiment Station*. Auburn, Alabama, 1976.
527. Hariati A.M. The prevalence of ruptured intestine syndrome in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed different rations when between 3 and 5 weeks old / A.M. Hariati, M.A.M. Machiels, M.C.J. Verdegen. // *Aquaculture* № 125, 1994. – P. 11-16.
528. Hatcher R.M. *New Developments and needed changes. Cage culture of channel catfish* // *Producing and marketing catfish in the Tennessee Valley*. -Conference proceedings, 1971. – P. 87 – 90.
529. Haylor G. Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell) fry at high stocking density // *Aquacult. Fish. Manag.* № 22, 1992. – P. 405-422.

530. Hecht T. Perspectives on clarid culture in Africa // T. Hecht, L. Oellermann, L. Verheus // *The Biology and Culture of Catfishes* №9, 1996. – P. 198-206.
531. Hilge V. Erste Ergebnisse bei der Aufzucht des amerikanischen Katzenwelses (Channel catfish) *Ictalurus punctatus* // *Information für die Fischwirtschaft*, 1977. - V.24. - № 6. – P. 217 – 218.
532. Huguenin J.E., Colt J. Design and operating guide for aquaculture seawater systems second edition // J.E. Huguenin, Colt J. – Second Edition. - *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* № 33. – Amsterdam: Elsevier Science, 2002. - 332 pp.
533. Huisman E. Reproduction, growth, health control and aquacultural potential of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) / E. Huisman, C.J.J. Richter // *Aquaculture* № 63, 1987. – P. 1-14.
534. Kestemont P. Improving pikeperch larval quality and production by broodstock management and nutrition, husbandry and sex control. – 2009. – <http://www.luciopercimprove.be/index.htm>.
535. Khrustalev Y.I. Evaluating the physiological state of starlet (*Acipenser ruthenus* L.) fry reared in brackish water / Y. I. Khrustalev, T.M. Kurapova, L.V. Savina, M.S. Velichko // *Actual status and active protection of sturgeon fish populations endangered by extinction*. - Olsztyn, 2008.- P. 281-288.
536. Knosche R. Aufzucht von Zandern in der Aquakultur / R. Knosche. H. Wedekind, S. Heidrich // *Potsdam-Sacrow*, 2005. – 235 p.
537. Koops X. Morfometric messunger an Regenforellen unter verschiedenen Haltungsbodirgurgen / X. Koops, X. Mann // *Arch. Fisch. Wiss.* – 1975. - P. 8-16.
538. Kreiman Heinrich. Der Aal (*Anguilla anguilla* L) // *Buntspecht*. - 1991. – № 4. – 40-43 p.
539. Kristan J. Alcalase treatment for elimination of stickiness in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) eggs under controlled conditions / J. Kristan, M. Blecha, T. Policar // *Aquaculture Research*. – 2015. – P. 1-6.
540. Lappalainen J. Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) - a review / J. Lappalainen, H. Dorner, K. Wysujack // *Ecology of freshwater fishes*. - 2003.- №12. - P. 95-106.
541. Les Anquilles: Le role jone par L Institut oceanographique, Forclation Albert I-er Prince de Monaco. Dans le development de nos corraissances sur ltur biologie // *Bull. Inst. Oceanogr.* - Monaco.- 1992.- № 10.- P. 5-26.
542. New unit sustains eel stocs. – *Fish Farmer*. - 1998. - № 1. – P. 28-29.
543. Norton M.V. A technique for sexing channel catfish (*I. punctatus*) / M.V. Norton, H. Nishimura, K.D. Davis // *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1976. - V. 105. - № 3. – P. 460 – 462.

544. Ostaszewska T. The effect of diet on the fatty acid composition and liver histology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) larvae / T. Ostaszewska, A. Boruta // Arch. Pol. Fish. – 2006. – V. 14 (1). – P. 53-66.
545. Otto R.G. Effects of salinity on the survival and growth of presmolt coho salmon (*Oncorinchus kisutch*) // J. Fish Res. Board Can., 1971. – № 28. – P. 343 – 349.
546. Percid fish culture from research to production. – Namur, 2008. – 150 p.
547. Peter C. – Yields of the African catfish (*Clarias gariepinus*) from a low input, homestead, concrete pond / C. Peter, P.C. Egwui // Aquaculture №55, 1986. – P. 87-92.
548. Pike-perch farming in recirculating aquaculture systems (RAS) in the Kaliningrad region / Pyanov D., Delmukhametov A., Khrustalev E. // 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being” FOODBALT 2014 Conference Proceed-ings. – Jelgava: LLU, 2014. – P. 315-317.
549. Preface. Minutes of the Perch II working group // Ann. Zool. Fenn. – 1996. - №33. – P. 303-304.
550. Pyanov D. Russian experience of growing of pikeperch (*Sander lucioperca*) fingerlings in the Recirculating Aquaculture Systems (RAS) / D. Pyanov, A. Delmukhametov, E. Khrustalyov // «Aquaculture Europe 15». - Rotterdam, 2015. - P. 655-656.
551. Randolph K.N. Home areas and swimways in channel catfish culture ponds / K.N. Randolph, H.P. Clemens // Trans. Amer. Fish. Soc., 1976. - V.105. - № 6. – P. 725–730.
552. Recirculating Aquaculture // Cayuga Aqua Ventures. - USA, NY: LLC Ithaca, 2010. - 948 p.
553. Schmidt G. Experiences with the production cycle of pikeperch in a RAS. - European Percid Fish Culture (EPFC) workshop 2015: «Big is beautiful – isn’t it? Upscaling of percid fish culture in Europe». – Rotterdam, 2015. Доступно на: http://www.epfc.net/files/workshops/2015/EPFC2015_02_Schmidt.pdf (Обращение 16.02.2016).
554. Scott W.B. Freshwater fishes of Canada. Channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Raf.) / W.B. Scott, E.J. Grossman // Bull. Fish. Res. Board. - Canada, 1973. - №184. – P. 604 – 610.
555. Sneed K.E. The morphology of the testes and accessory reproductive glands of the catfish (*Ictalurida*) / K.E. Sneed, H.P. Clemens // Copeia, 1963. - № 4. – P. 606 – 611.
556. Sopinska A. Effect of physiological factors, stress and disease on haematological parameters of carp, with a particular reference to leucocyte pattern // Acta Ichtiologia et Piscator. – 1983. – V.13. – №. 2. – P. 59-81.
557. Sullivan E.G., Compton L.V. Catfish farming // Farmes bulletin. U. S. Department of Agriculture. – 1975. №2260. P. 1-21

558. Szkudlarek M. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions / M. Szkudlarek, Z. Zakęś // *Aquaculture Research*. – 2007. - № 15. – P.67-81.

559. Testicular and Spermatozoal Characteristics of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, outside the Spawning Season / Edmonde J. Jaspers, James W. Avault Jr., Joseph D. Roussel// *Transactions of the American Fisheries Society*. First Published:01 March 1978. P. 309-315. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1978\)107<309:TASCOC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1978)107<309:TASCOC>2.0.CO;2)

560. The chemical composition of two commercial fish species – pikeperch (*Sander Lucioperca*) and rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) cultivated in artificial conditions / Pyanov D., Molchanova K., Khrustalev E., Delmukhametov A. // 11th Baltic Conference on Food Science and Technology «Food science and technology in a changing world» *FOODBALT 2017 Conference Proceedings*. Jelgava: LLU, 2017. – P. 66 – 69.

561. The effect of body size and water temperature on the results of intensive rearing of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) fry under controlled conditions // *Archives of Polish Fisheries*, 1999. - № 7. - P. 187-199.

562. Tucker L., Boyd C.E., Mc Cay E. Effects of Feeding Rate on Water Quality, Production of Channel Catfish, and Economic Returns // *Transactions of the American Fisheries Society*. – 1979. Vol. 108, Issue 4. P. 389-396 [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1979\)108<389:EOFROW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1979)108<389:EOFROW>2.0.CO;2)

563. Virbickas J. *Lietuvos zuvys*. Vilnius: Trys žvaigždutės, 2000. 192 p.

564. Zakęś Z. Artificial spawning of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) stimulated with human chorionic gonadotropin (hCG) and mammalian GnRh analogue with a dopamine inhibitor / Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś // *Archives of Polish Fisheries*, 2005. - № 13. - P. 63-75.

565. Zakęś Z. Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* (L.): a review / Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś // *Archives of Polish Fisheries*. - 2009. - № 17. - P. 153-170

566. Zakęś Z. Effect of feeding frequency on growth and size variation in juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) / Z. Zakęś, A. Kowalska, S. Czerniak, K. Demska- Zakęś // *Czech J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 51. – P. 85-91.

567. Zakęś Z. Effects of feeding regimes on growth, within-group weight variability and chemical composition of the juvenile zander, *sander lucioperca* (L.), body / Z. Zakęś, M. Szkudlarek, M. Woźniak, K. Demska-Zakęś, S. Czerniak. – 2003 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue1/fisheries/art-04.html> (дата обращения 15.06.2016)

568. Zakęś Z. Impact of feeding pikeperch *Sander lucioperca* (L.) feeds of different particle size on the results of the initial on-growing phase in recirculation systems / Z. Zakęś, M. Hopk, A. Kowlska, K. Partyka, K. Stawecki // *Archives of Polish Fisheries*. – 2013. – V. 21 (1). – P. 3-9.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1.1 - Гидрохимический режим Куршского залива (средние за 1981-2001 гг.) [114]

Показатель	Месяц											Среднее значение	ПДК
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Температура, °С	-	3,8	8,8	13,7	18,0	21,1	20,2	13,8	9,0	4,9	5,2	11,8	-
Хлориды, ‰	-	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,3	0,06	0,04	0,06	-	0,04	-
Кислород, мг/л	-	14,5	12,5	11,9	10,2	10,2	10,2	10,5	10,8	12,3	-	11,8	6,0
рН	-	8,5	8,6	8,7	8,6	8,7	8,7	8,7	8,4	8,2	6,0	8,3	6,5-8,5
БПК ₅ , мг О ₂ /л	-	-	4,6	4,0	4,0	7,1	7,1	4,8	5,0	3,2	-	5,5	2,0
Минеральный фосфор, мкг/л	52,0	13,7	11,2	18,3	27,5	64,1	61,6	35,0	25,0	20,9	35,0	31,3	200,0
Азот нитратный, мкг N/л	2048	1808	733	250	106	28	28	62	165	234	62	34,8	9100,0
Прозрачность, м	-	0,3	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	-	0,5	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2.1 – Сравнительная характеристика массы и возраста производителей щуки, выловленных на разных участках маршрута нерестовой миграции (в реке и заливе) в 2003 и 2004 гг.

Год	Пол рыб	Количество рыб, шт	Масса, г	Возраст, годы
			$M \pm m$	$M \pm m$
2003	Самки из реки	105	$2872,82 \pm 159,00^2$	$4,80 \pm 0,08^3$
2003	Самки из залива	30	$2423,40 \pm 120,00^2$	$4,10 \pm 0,07^3$
2004	Самки из реки	53	$2048,04 \pm 125,88^3$	$4,30 \pm 0,04^3$
2003	Самцы из реки	34	$1300,00 \pm 72,50^3$	$4,80 \pm 0,08^3$
2003	Самцы из залива	30	$1929,30 \pm 72,52^3$	$4,20 \pm 0,09^3$
2004	Самцы из реки	44	$1009,00 \pm 68,95^3$	$3,80 \pm 0,08^3$

^{2,2}, ^{3,3} различия достоверны при $p < 0,01$; $0,001$, соответственно

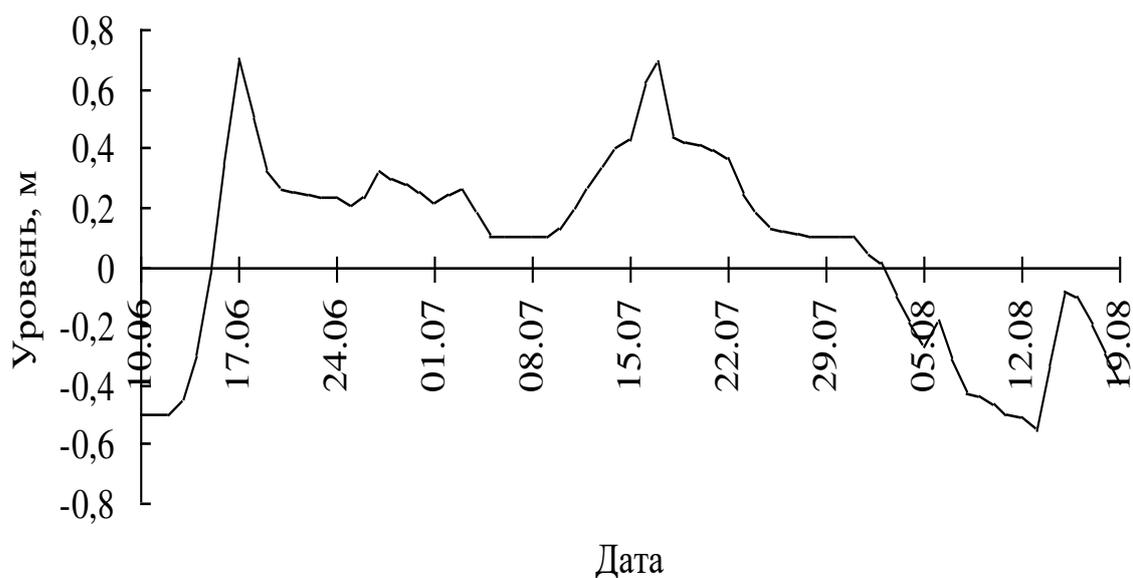


Рисунок 2.1 – Колебание уровня воды в р. Немонин в 2004 г.

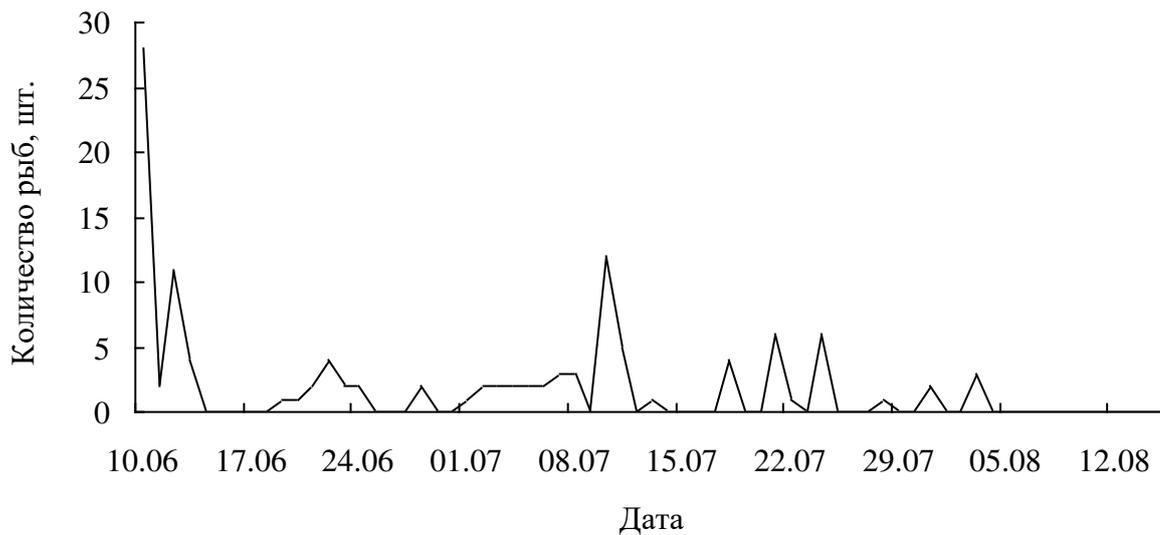


Рисунок 2.2. – Динамика вылова производителей линия в 2004 г.

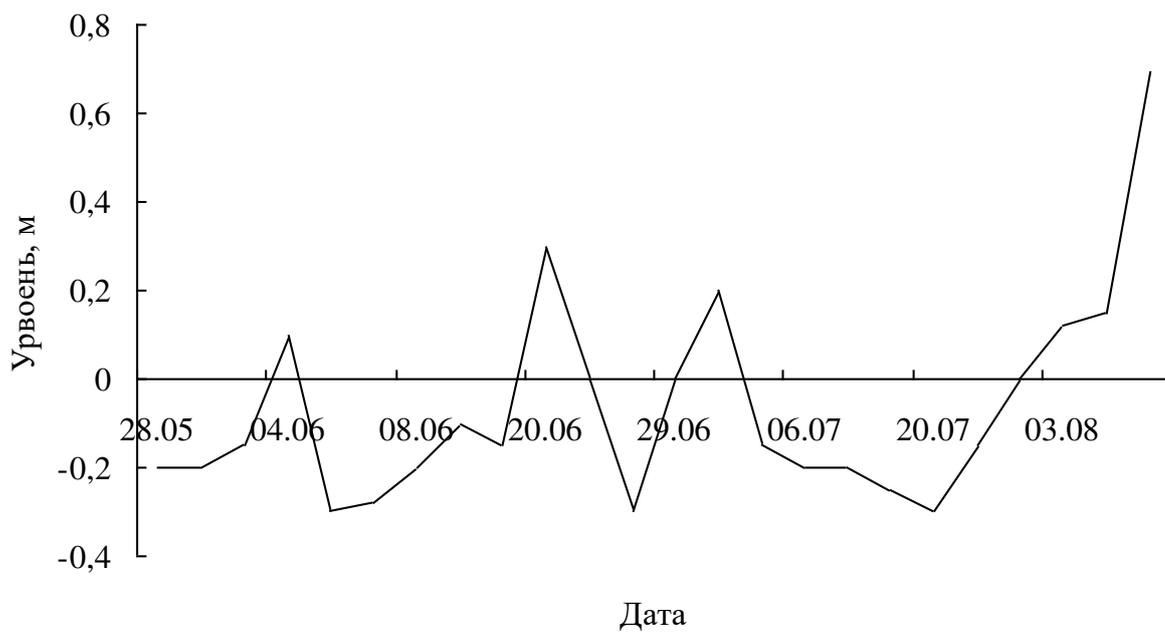


Рисунок 2.3. – Колебание уровня воды в р. Немонин в 2005 г.



Рисунок 2.4. – Динамика температуры воды в открытой части р. Немонин и на нерестилищах
линя

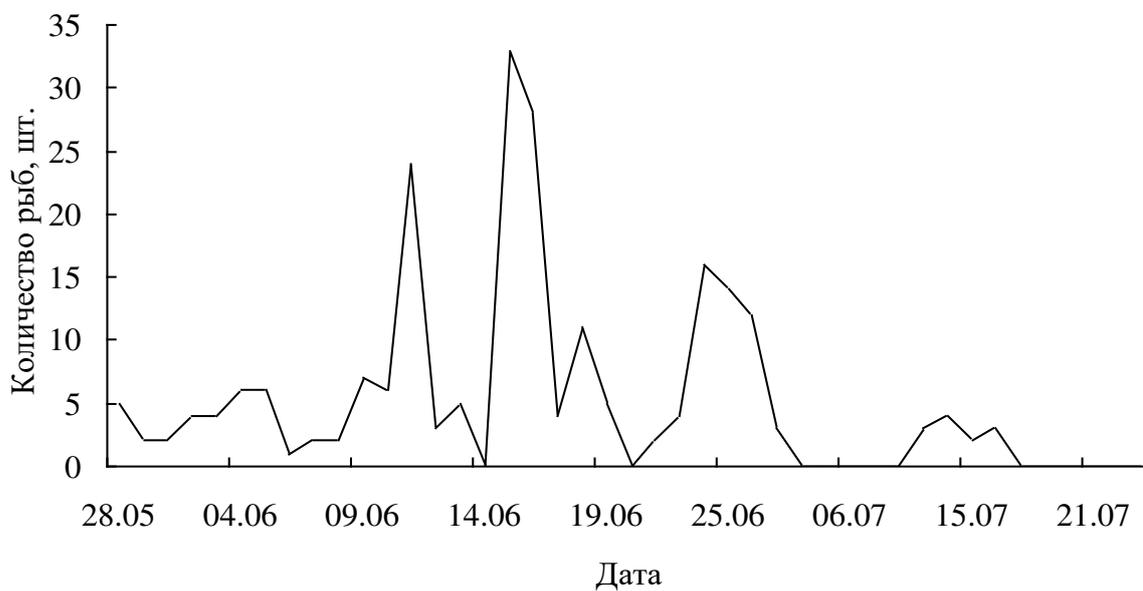


Рисунок 2.5. – Структура подхода производителей лinya к нерестилищам в 2005 г.

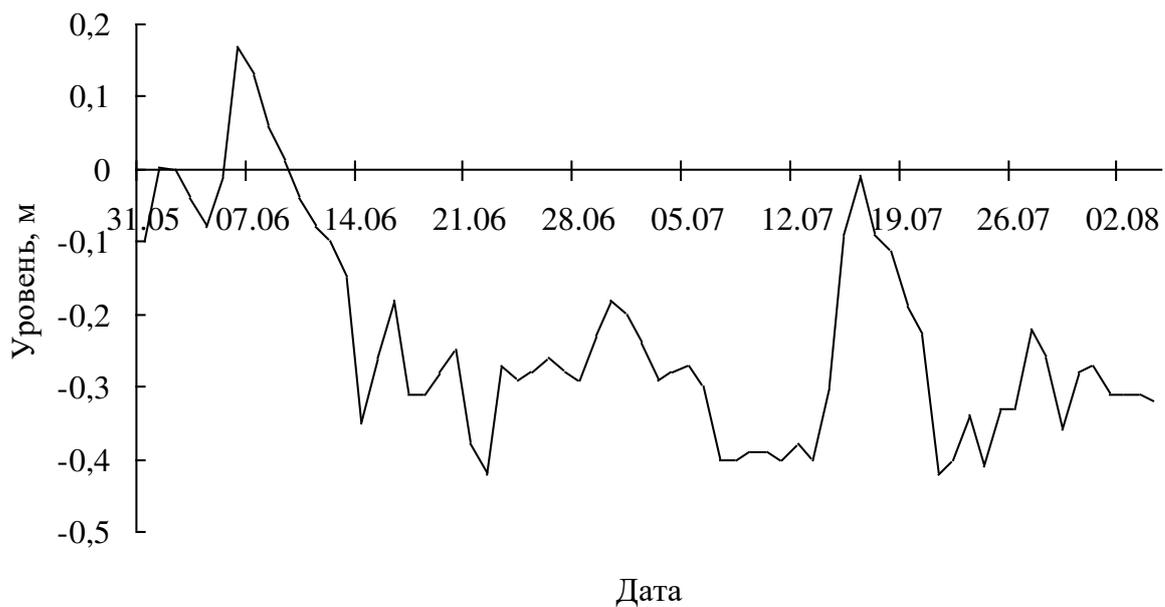


Рисунок 2.6. – Колебание уровня воды в р. Немонин в 2006 г.

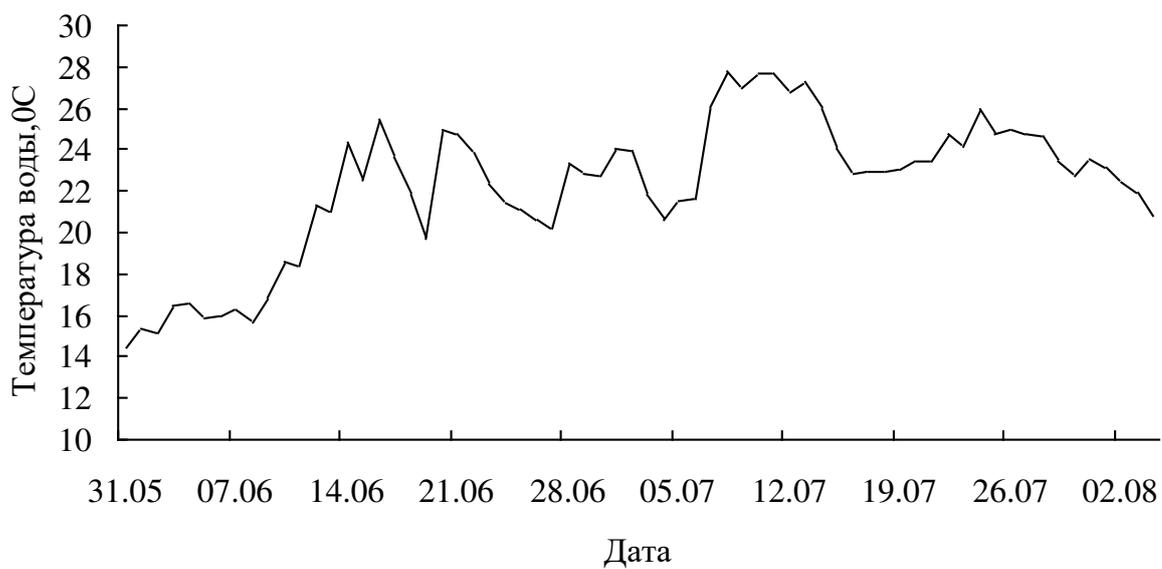


Рисунок 2.7. – Динамика температуры воды в р. Немонин в 2006 г.

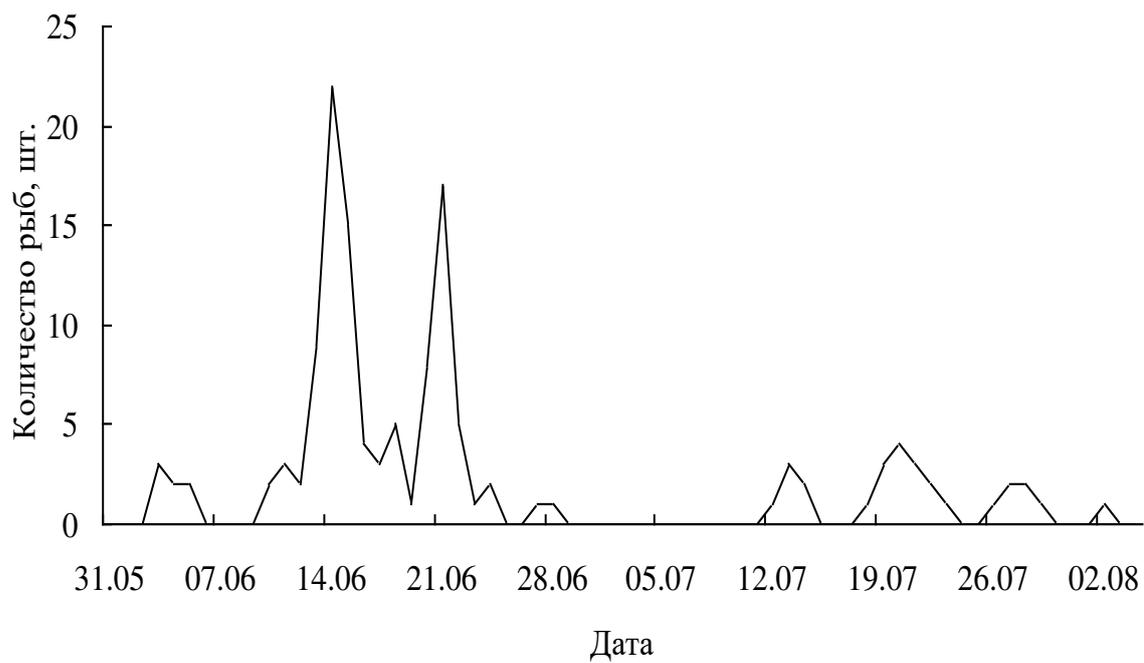


Рисунок 2.8 – Структура подхода производителей линия к нерестилищам в 2006 г.

Таблица 2.2 - Сравнительная характеристика длины, массы и возраста производителей лия, выловленных в районе нерестилищ в 2004-2006 годах

Возраст	Пол	2004		2005		2006	
		Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г	Длина, см	Масса, г
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
1	2	3	4	5	6	7	8
3	самки	24,9±0,6	313,8±47,1	-	-	-	-
	самцы	27,3±0,6	297,5±11,8	29,5±0,7	400,0±25,8	26,3±0,3	312,5±2,5
4	самки	31,6±0,8	505,4±32,2	29,5±0,6	485,0±41,1	29,0±0,3	460,0±28,9
	самцы	30,8±0,6	445,0±35,6	32,5±0,5	570,8±23,6	27,9±1,1	403,3±37,6
5	самки	32,3±0,6	531,5±30,7	32,8±0,5	610,8±33,4	32,7±0,5	550,0±13,5
	самцы	31,4±0,6	457,4±22,5	34,0±0,6	676,4±41,4	32,4±0,5	584,2±22,3
6	самки	36,6±0,8	757,8±67,4	34,6±0,5	655,8±28,4	34,3±0,4	641,1±22,7
	самцы	32,4±0,6	568,0±27,8	32,8±0,2	585,0±53,1	34,5±0,3	750,0±26,3
7	самки	46,1±1,4	1506,3±23,5	39,1±1,2	1036,7±104,9	36,3±0,7	840,0±31,0
	самцы	37,4±0,7	740,0±87,2	43,0±0,4	1050,0±100,2	38,3±0,2	962,5±12,3
8	самки	-	-	48,7±3,1	1816,7±208,8	38,5±0,2	1300,0±45,1
	самцы	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.3 – Сравнительная характеристика рабочей (РП) и относительной рабочей плодовитости (ОРП) самок линя

Показатели	Год исследований		
	2004 М ± m	2005 М ± m	2006 М ± m
Масса самок, г			
1-я порция	759,3 ± 105,5	865,7 ± 68,3	840,0 ± 76,2
2-я порция	590,0 ± 79,2	683,3 ± 88,3	623,8 ± 62,8
3-я порция	478,0 ± 44,2	550,0 ± 40,8	521,7 ± 39,1
Объем сцеживаемой икры, мл			
1-я порция	42,5 ± 10,9	52,3 ± 7,0	55,3 ± 9,5
2-я порция	24,6 ± 6,2	35,0 ± 4,5	32,5 ± 6,8
3-я порция	10,1 ± 2,0 ¹	22,5 ± 3,0 ¹	16,7 ± 4,2 ¹
РП, тыс. шт.			
1-я порция	51,4 ± 15,6	60,9 ± 11,8	66,1 ± 14,5
2-я порция	28,7 ± 8,3	41,6 ± 6,1	37,9 ± 7,7
3-я порция	11,6 ± 2,1 ^{1,2}	26,1 ± 3,9 ^{1,2}	18,1 ± 4,0 ¹
ОРП, тыс.шт./кг			
1-я порция	57,9 ± 10,4	66,9 ± 7,5	77,2 ± 11,4
2-я порция	46,0 ± 9,7	61,3 ± 4,5	60,1 ± 8,5
3-я порция	25,9 ± 6,0 ¹	51,1 ± 10,2 ¹	36,5 ± 9,2 ¹
Количество рыб, шт.	35	51	25

¹; ² различия достоверны при $p < 0,05$; $0,01$, соответственно

Таблица 2.4 – Ожидаемый вылов угря и доходы от его реализации в российской части Куршского залива при зарыблении стекловидным угрем

33рисуноКо л-во заку- паемого стекловид- ного угря. тыс.шт.	Выход с ка- ранти- на. %	Количество стекловид- ного угря, выпускаемо- го в Куршский залив, тыс.шт.	Пром- воз- врат, %	Количество вылавливае- мого угря средней массой 0,4 кг, тыс.шт.	Вы- лов угря, т	Цена стек- ловид-ного угря, сред- ней массой 0,3г, тыс. € за кг	Стои- мость закупае- мого стекло- видного угря, тыс.€	Стоимость продукции угря, тыс.евро	
								Живой и охлажден- ный, 9 € за кг	Копченый (выход готовой продукции 60%) 20 € за кг
1000	80	800	8	64	26	1000 ^x	300	234	313
						500 ^{xx}	150	234	312
2000	80	1600	8	128	51	1000	600	459	612
						500	300	459	612
3000	80	2400	8	192	77	1000	900	693	924
						500	450	693	924
4000	80	3200	8	256	102	1000	1200	918	1224
						500	600	918	1224
5000	80	4000	8	320	128	1000	1500	1152	1536
						500	750	1152	1536
6000	80	4800	8	384	154	1000	1800	1386	1848
						500	900	1386	1848
7000	80	5600	8	448	179	1000	2100	1611	2148
						500	1050	1611	2148
8000	80	6400	8	512	205	1000	2400	1845	2460
						500	1200	1845	2460

^x—предположительно такая цена на стекловидного угря может быть установлена с 2007 г.

^{xx}- цена на стекловидного угря до 2007 г.

Таблица 2.5 – Ожидаемый вылов угря и доходы от его реализации в российской части Куршского залива при зарыблении подрощенными мальками массой 3-5 г

Количество запускаемого стекловидного угря, тыс.шт.	Выход с карантина %	Количество стекловидного угря посаженного на подрощивание, тыс.шт.	Выход с подрощивания, %	Количество 3-5г мальков угря, выпускаемых в Куршский залив, тыс.шт.	Пром-возврат, %	Количество вылавливаемого угря средней массой 0,4 кг, тыс.шт.	Вылов угря, т	Цена стекловидного угря, средней массой 0,3 г, тыс. € за кг	Стоимость покупаемого стекловидного угря, тыс.евро	Стоимость продукции угря, тыс. евро	
										живой и охлажденный, 9 евро за кг	копченый (выход готовой продукции 60%) 20 € за кг
1000	80	800	80	640	20	128	51	1000	300	460	612
								500	150	460	612
2000		1600		1280		256	102	1000	600	918	1224
								500	300	918	1224
3000		2400		1920		384	154	1000	900	1386	1848
								500	450	1386	1848
4000		3200		2560		512	205	1000	1200	1845	2460
								500	600	1845	2460

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3.1 – Характеристика этапов развития щуки по И.П. Шамардиной (1957)

Этап	Длина, мм	Масса, мг	Длительность этапа, сут	Средняя температура воды, °С
1	7,5-10	9-11	2,5	11
2	10-11,5	11-12	5	14
3	11,5-13	12-13	2,5	12
4	13-14,5	13-17	4,5	13
5	14,5-18	17-30	7	14
6	18-22	30-55	7-10	16
7	22-28	55-100	10-13	16
8	28-40	100-500	14	17
9	40-55	500-1000	30	18

Таблица 3.2 – Характеристика этапов личиночного и малькового развития щуки при температуре воды 20-22 °С

Этап	Длина, мм	Масса, мг	Длительность этапа, сут	Средняя температура воды, °С
1	7,0-7,5	7,3-9,5	1,5	20
2	7,5-12,0	9,5-13,0	3	20
3	12,0-14,0	13,0-14,0	1,5	20
4	14,0-15,5	14,0-18,0	4	20,5
5	15,5-18,5	18,0-32,0	4	21
6	18,5-22,5	32,0-56,0	6	21,5
7	22,5-29,0	56,0-110,0	10	22
8	29,0-41,0	110,0-520,0	10	22
9	41,0-57,0	520,0-1020,0	20	22

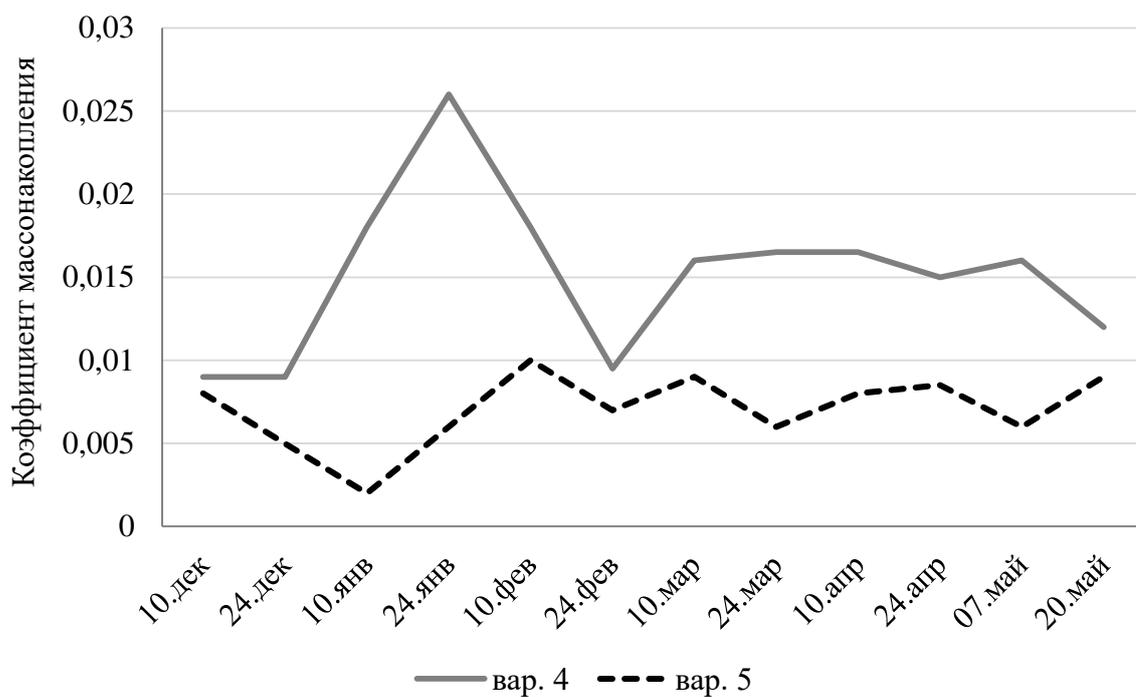


Рисунок 3.1 – Динамика массонакопления у годовиков рыба при различной плотности посадки

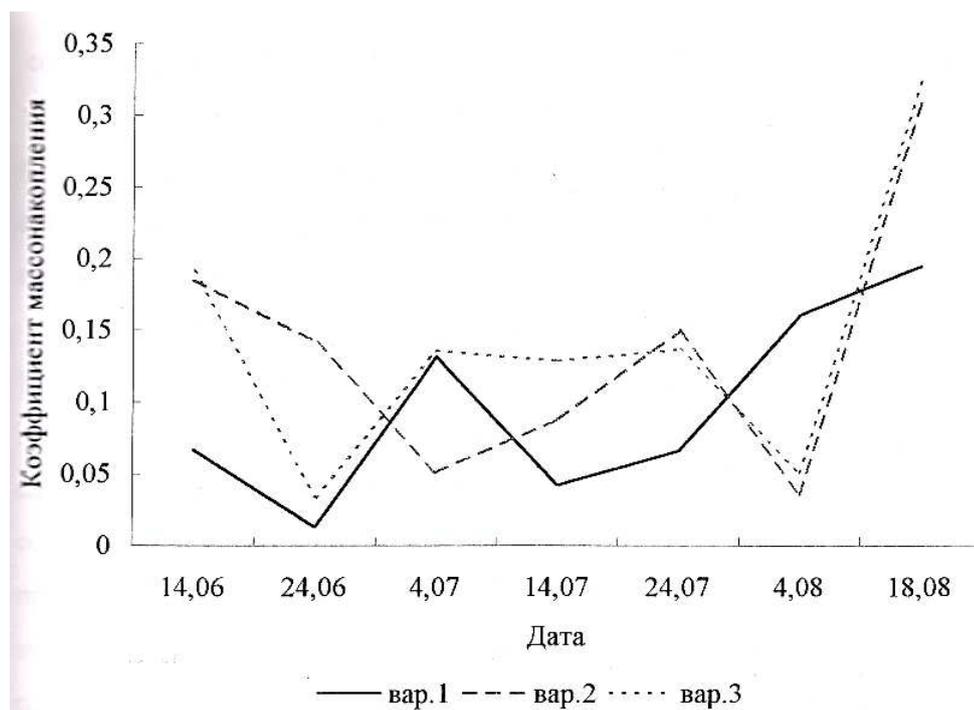


Рисунок 3.2 – Динамика коэффициента массонакопления молоди рыба при различной солёности

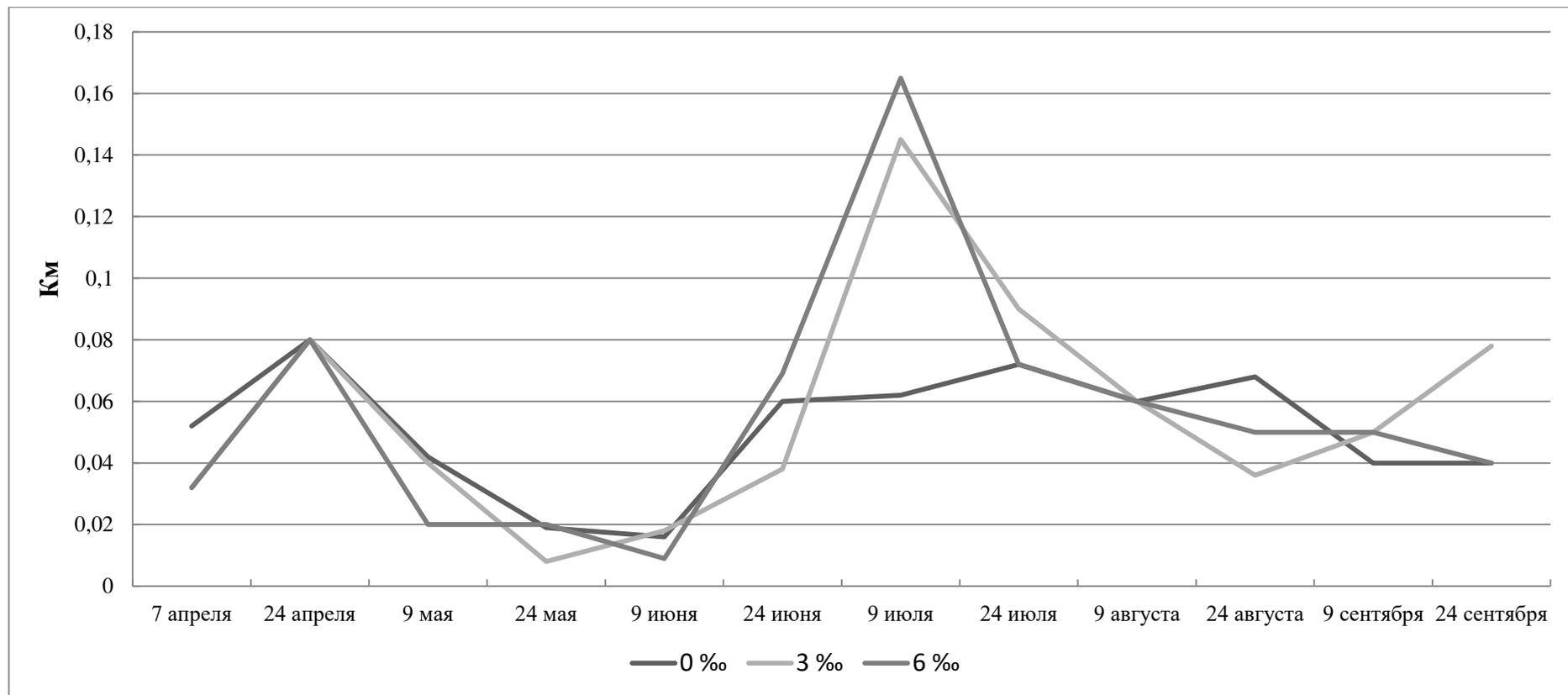


Рисунок 3.3 - Изменение коэффициента массонакопления у сеголетков стерляди при различной солёности

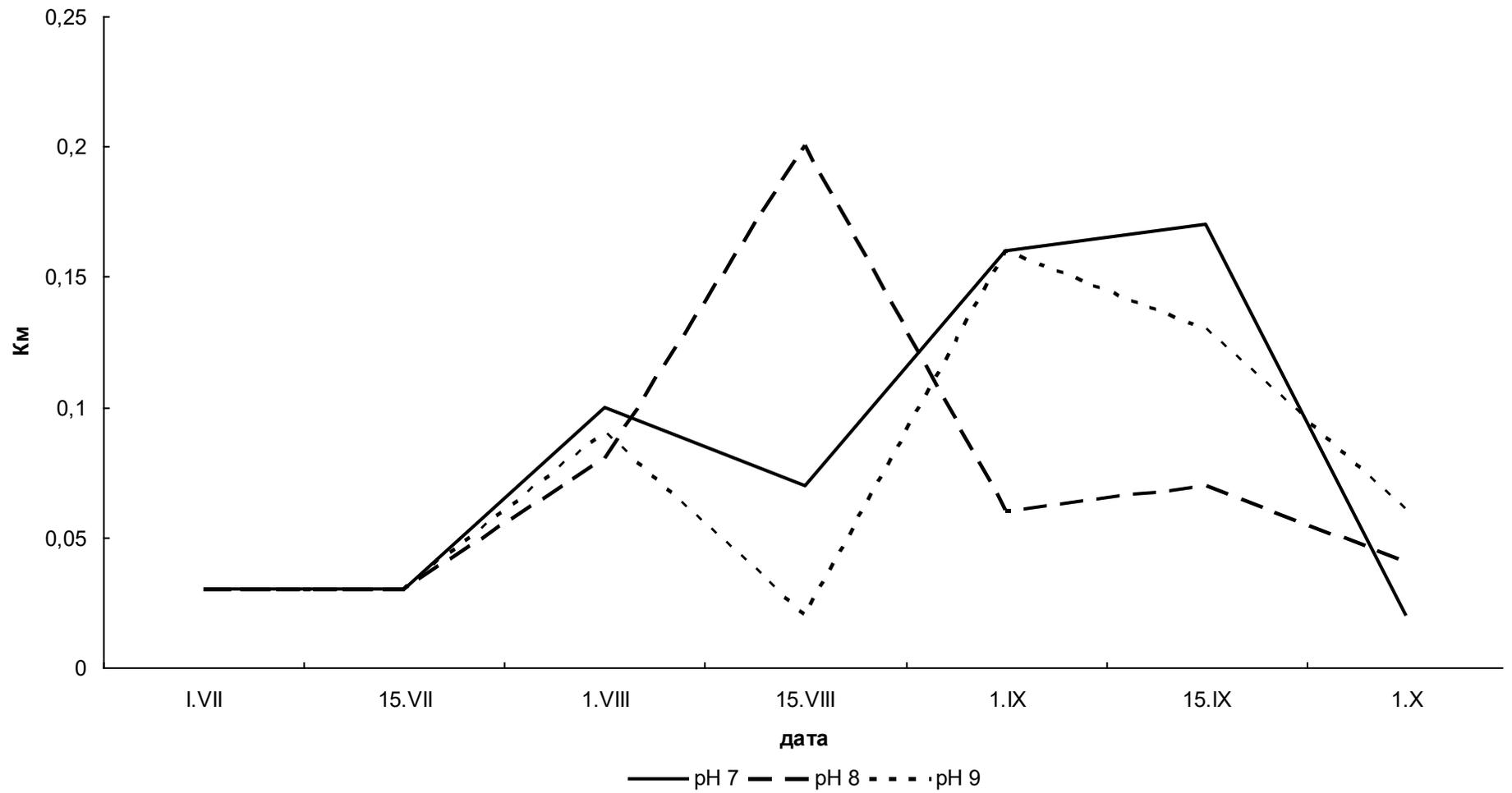


Рисунок 3.4 - Изменение коэффициента массонакопления (Kм) при различной величине pH

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

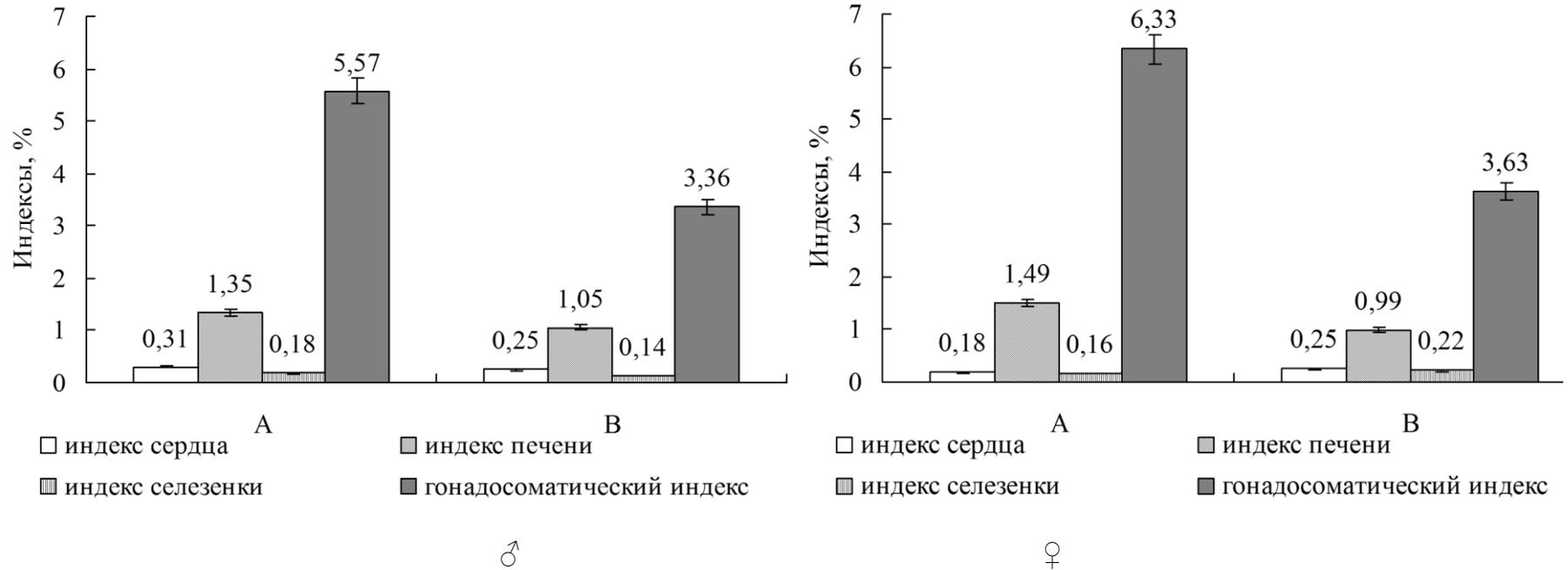


Рисунок 4.1 – Изменение величины морфофизиологических индексов самцов (♂) и самок (♀) рыба (*Vimba vimba* L.) в начале (А) и в конце (В) исследований

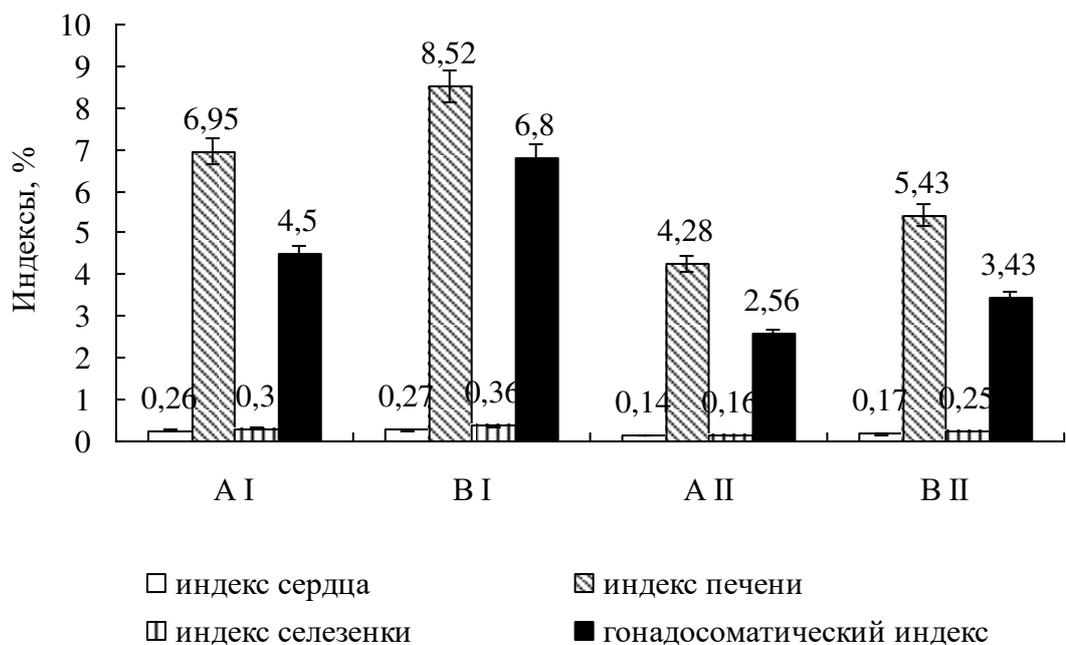


Рисунок 4.2 – Сравнительная характеристика морфофизиологических индексов у самцов (А) и самок (В) щуки (*Esox lucius* L.) в начале (I) и конце (II) нерестового хода в заливе

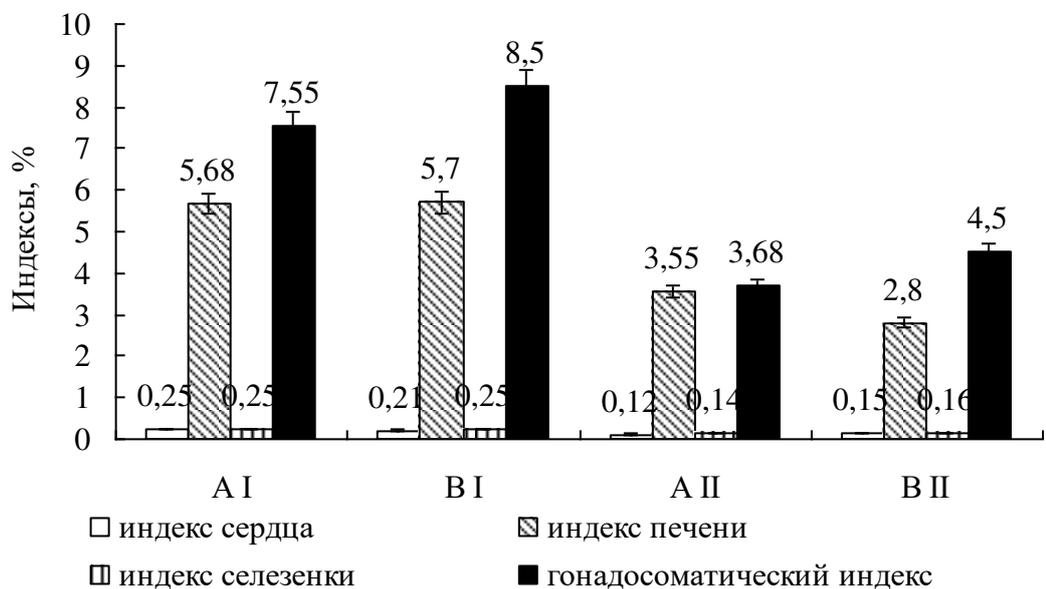


Рисунок 4.3 – Сравнительная характеристика морфофизиологических индексов у самцов (А) и самок (В) щуки (*Esox lucius* L.) в начале (I) и конце нерестового хода в реке (II)

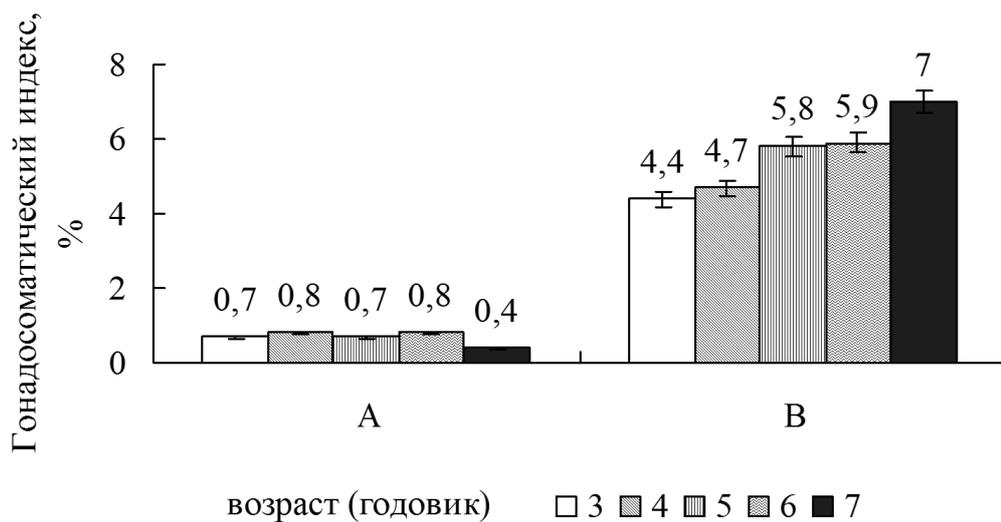


Рисунок 4.4 - Сравнительная характеристика гонадосоматического индекса у самцов (А) и самок (В) линия (*Tinca tinca* L.)

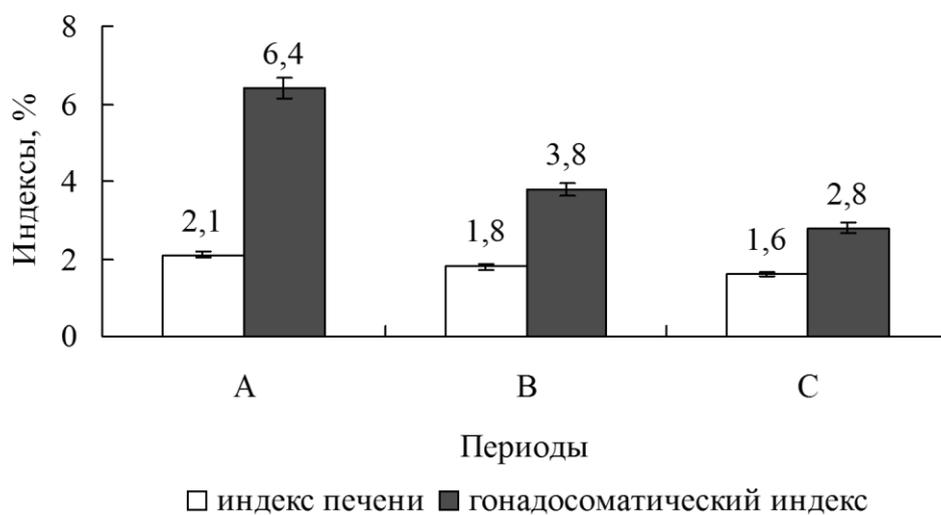


Рисунок 4.5 – Изменение величины морфофизиологических показателей самок линия (*Tinca tinca* L.) на протяжении нерестового периода (А – самки с первой порцией икры, В – со второй, С – с третьей)

Таблица 4.1 - Гематологическая характеристика рыба в начале опыта (n=5)

Признак	M	σ	m	CV
Самки				
Масса тела, г	450,00	141,42	70,71	31,43
Концентрация гемоглобина, г/л	52,742	12,59	6,29	23,86
Концентрация эритроцитов, млн/мкл	1,284	0,13	0,06	9,94
Самцы				
Масса тела, г	375,00	28,87	14,43	7,70
Концентрация гемоглобина, г/л	62,491	12,56	6,28	20,10
Концентрация эритроцитов, млн/мкл	1,602	0,39	0,19	24,04

Таблица 4.2 - Гематологические показатели производителей линия р. Немонин с гонадами в четвертой и пятой стадии зрелости

Параметры	Самки IV		Самки V		Самцы IV		Самцы V	
	M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv
Концентрация гемоглобина, гл ⁻¹	65,75±3,73 ⁴	16,1	74,76±3,38	14,3	91,33±4,45 ⁴	9,7	87,27±5,72	13,1
Концентрация эритроцитов, млн.л-1	1,26±0,12	26,7	1,12±0,09	26,1	1,29±0,19	29,4	1,51±0,32	43,0
СГЭ, пг	58,03±8,08	39,4	72,80±6,26	27,2	74,66±9,22	24,7	63,11±9,32	29,5
Концентрация лейкоцитов, тыс.л ⁻¹	67,70±6,57 ²	27,5	58,76±7,21	38,9	46,17±7,26 ^{1,2}	31,5	70,28±4,78 ¹	47,6
Общий белок сыворотки, гл ⁻¹	34,49±0,03	0,3	34,44±0,04	0,4	34,59±0,05	0,3	34,45±0,05	0,3
Отношение эритроцитов к лейкоцитам Э/Л	19,43±1,05 ⁴	15,3	19,43±2,00	32,6	28,45±1,64 ^{1,4}	11,5	22,00±1,45 ¹	13,2
Лейкоцитарная формула, %								
Миелоциты нейтрофильные	1,56±0,39	71,4	2,15±0,41	60,1	2,13±1,16	109,3	1,13±0,31	55,9
Метамиелоцит нейтрофильные	2,00±0,38	53,5	2,40±0,50	65,7	2,50±0,87	69,3	2,50±0,29	23,1
Палочкоядерные нейтрофилы	1,25±0,48 ⁸	109,0	3,40±0,76 ⁸	70,6	2,13±1,01	94,9	2,50±0,87	69,3
Сегментоядерные нейтрофилы	0,81±0,21 ^{3,9}	73,1	3,00±0,71 ⁹	74,5	2,38±0,47 ³	39,9	1,38±0,55	80,6
Общее число нейтрофилов	5,63±0,97 ⁹	48,7	10,95±1,30 ^{5,9}	37,5	9,13±2,70	59,1	7,50±0,96 ⁵	25,5
Эозинофилы	1,88±1,29 ³	194,8	1,75±0,79 ⁶	143,3	6,00±0,46 ³	15,2	6,88±1,26 ⁶	36,8
Моноциты	2,06±0,38	52,4	2,45±0,45 ⁷	58,1	1,50±0,50	66,7	0,38±0,24 ⁷	127,7
Большие лимфоциты	5,63±0,60	30,0	4,70±0,54	36,2	6,25±1,25	40,0	6,25±0,85	27,3
Малые лимфоциты	84,81±1,99	6,6	80,15±1,62	6,4	77,13±3,60	9,3	79,00±0,89	2,3
Всего лимфоцитов	90,44±1,83 ^{2,8}	5,7	84,85±1,71 ⁸	6,4	83,38±2,38 ²	5,7	85,25±0,43	1,0
Масса, г	663,75±51,82	22,1	653,00±28,01	13,6	622,50±91,87	29,5	710,00±95,66	26,9
Количество, шт	8		10		7		7	

¹ – показатель достоверно отличается у самцов линия в четвертой и пятой стадии зрелости при $p < 0,01$;

^{2, 3, 4} – показатель достоверно отличается у самцов и самок линия в четвертой стадии зрелости соответственно при $p < 0,05$; $0,01$; $0,001$;

^{5, 6, 7} – показатель достоверно отличается у самцов и самок линия в пятой стадии зрелости соответственно при $p < 0,05$; $0,01$;

^{7, 8, 9} – показатель достоверно отличается у самок линия в четвертой и пятой стадии зрелости при $p < 0,05$; $0,01$.

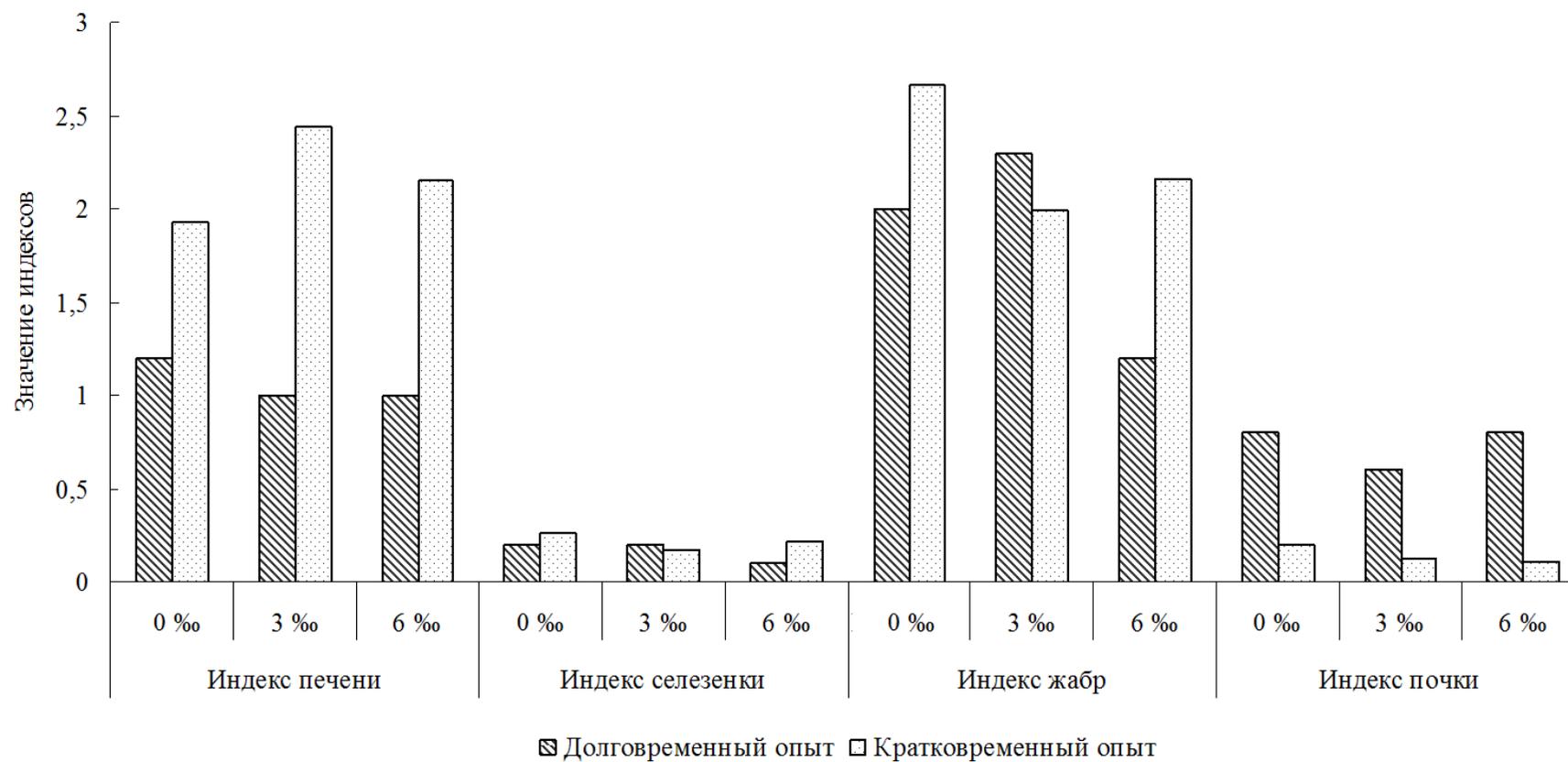


Рисунок 4.6 – Влияние солёности на органо-соматические показатели сеголетков стерляди в долговременном и кратковременном опыте

Таблица 4.3 - Гематологические показатели годовиков линия в различных вариантах экспериментов

Параметры	Контроль		Соленость	
	M±m	Cv	M±m	Cv
Концентрация гемоглобина, гл ⁻¹	24,44±0,97 ³	12,6	28,27±1,84 ³	15,9
Концентрация эритроцитов, млн.л ⁻¹	1,49±0,13	27,9	1,36±0,14 ²	25,1
СГЭ, пг	18,91±2,74 ²	45,8	21,28±1,41 ²	16,3
Концентрация лейкоцитов, тыс.л ⁻¹	68,25±11,8	54,6	50,50±4,28 ²	20,8
ЦП	0,57±0,08 ²	45,8	0,64±0,04 ²	16,3
Отношение эритроцитов к лейкоцитам Э/Л	24,30±2,14	27,8	27,34±2,33 ¹	20,9
Лейкоцитарная формула, %				
Миелоциты нейтрофильные	1,25±0,21 ^{1,3}	52,4	6,75±1,01 ^{3,2}	36,8
Метамиелоцит нейтрофильные	2,81±0,85 ¹	59,9	9,25±2,24 ^{1,2}	59,4
Палочкоядерные нейтрофилы	1,50±0,42 ¹	89,1	5,25±1,80 ¹	83,9
Сегментоядерные нейтрофилы	2,25±0,73	49,2	4,08±0,69 ²	41,3
Общее число нейтрофилов	7,81±1,14 ³	46,3	25,3±2,90 ³	28,1
Эозинофилы	0,19±0,12 ¹	86,4	5,42±2,52 ¹	93,1
Моноциты	1,75±0,53	59,4	1,67±0,56	82,0
Псевдобазофилы	0,25±0,15 ^{1,3}	58,2	3,00±1,10 ¹	90,1
Большие лимфоциты	7,94±0,93 ³	37,0	3,17±0,49 ^{3,1}	38,2
Малые лимфоциты	82,06±2,03 ²	7,8	61,42±5,77 ^{2,1}	23,0
Всего лимфоцитов	90,00±1,39 ³	4,9	64,58±5,56 ^{3,2}	21,1
Масса, г	4,69±0,41	27,6	3,70±0,37	24,5
Количество, шт	9		6	

¹; ²; ³ различия достоверны при p < 0,05; 0,01; 0,001, соответственно

Таблица 4.4 – Влияние солености на гематологические показатели молоди стерляди при воздействии в течение 100 сут

Параметры	Контроль		Опыт 3 (соленость 3 ‰)		Опыт 4 (соленость 6 ‰)	
	M±m	Cv	M±m	Cv	M±m	Cv
Концентрация гемоглобина, гл ⁻¹	39,28±1,84	12,4	41,99±11,23	46,3	53,43±7,11	23,0
Концентрация эритроцитов, млн.л ⁻¹	0,863±0,051 ²	14,1	0,542±0,082 ^{2,4}	29,0	1,217±0,198 ⁴	28,3
СГЭ, пг	46,23±3,08	16,6	97,67±74,83	54,4	47,72±11,70	42,5
Концентрация лейкоцитов, тыс.л ⁻¹	51,94±7,81	36,8	36,95±8,57	46,4	113,86±38,03	57,8
ЦП	1,39±0,09	17,6	0,71±1,22	54,4	1,43±0,35	42,5
ОБС	13,55±1,44	26,0	14,70±2,92	34,4	11,60±1,69	25,2
Отношение эритроцитов к лейкоцитам Эр/Л	18,03±2,10	30,8	15,85±2,32	29,3	14,32±5,48	66,3
Лейкоцитарная формула, %						
Миелоциты нейтрофильные	5,53±1,42	65,4	5,13±0,99	38,5	5,75±1,20	41,7
Метамиелоциты нейтрофильные	3,50±0,082	57,1	4,50±1,21	53,7	5,88±1,12	77,5
Палочкоядерные нейтрофилы	2,75±0,59	52,4	3,00±0,74	49,1	2,13±0,99	92,9
Сегментоядерные нейтрофилы	2,83±0,57	49,5	1,88±0,59	63,0	2,75±0,43	31,5
Общее число нейтрофилов	14,42±2,73	46,4	14,50±2,98	41,1	16,50±3,57	43,3
Эозинофилы	0,08±0,20 ^{2,3}	244,9	3,75±1,11 ²	59,1	6,38±1,70 ³	53,3
Моноциты	0,17±0,41 ^{1,3}	244,9	1,88±0,69 ^{1,4}	73,4	4,00±2,12 ^{3,4}	106,1
Общее число лимфоцитов	85,33±2,79 ³	8,01	79,88±3,59	9,0	73,13±2,86 ³	7,82
Количество, шт	7		4		4	

^{1,2,3} – различия достоверны при p<0,05, 0,01 и 0,001

Таблица 4.5 – Гематологические показатели сеголетков стерляди, выращенных в различных рыбоводных системах в 2005 г.

Параметры	Бассейн 19.09.2005		Садки 01.10.2005	
	M±m	Cv	M±m	Cv
Концентрация гемоглобина, г·л ⁻¹	49,13±3,61	27,5	45,54±2,76	20,1
Концентрация эритроцитов, млн.л ⁻¹	1,489±0,054 ^{3,*}	13,0	1,236±0,056 ^{3,*,+}	15,6
СГЭ, шт	31,94±3,53	42,2	33,58±1,01	40,5
Концентрация лейкоцитов, тыс.л ⁻¹	0,94±0,11	42,2	1,01±0,12	40,5
ЦП	58,24±4,20	23,9	59,19±4,85 ⁺	28,4
ОБС	37,46±0,96 ^{2,*}	8,5	25,48±0,93 ^{2,*}	11,5
Отношение эритроцитов к лейкоцитам Эр/Л	27,12±1,35 ¹	16,5	21,99±1,43 ^{1,+}	22,6
Лейкоцитарная формула, %				
Миелоциты нейтрофильные	1,35±0,53	117,2	2,17±0,79	125,8
Метамиелоциты нейтрофильные	1,90±0,71	112,2	2,21±0,75	117,2
Палочкоядерные нейтрофилы	1,50±0,52	104,2	1,63±0,22	47,5
Сегментоядерные нейтрофилы	3,25±0,90	83,1	3,00±0,59	68,2
Общее число нейтрофилов	8,00±2,40	89,9	9,00±1,76	67,8
Эозинофилы	4,90±1,84	112,4	2,38±0,44	64,8
Моноциты	1,70±0,53 ¹	93,2	3,92±0,81 ¹	71,8
Общее число лимфоцитов	85,40±3,44	12,1	84,71±2,02	43,3
Масса, г	78,40±3,41	16,9	86,67±4,08	8,2
Количество, шт	15		12	

^{1,2,3} – различия достоверны при p<0,05, 0,01 и 0,001

⁺ - различия достоверны в сравнении с рыбами, выращенными в садках в 2006 г. (табл. 22).

^{*} - различия достоверны в сравнении с гематологическими параметрами стерляди, предложенными как ветеринарная норма при p<0,001

Таблица 4.6 – Концентрация лизоцима у сеголетков стерляди в исследованиях

Значения	Концентрация лизоцима, мкг/г (M±m)			
	Селезенка	Печень	Кожа	Почка
УЗВ				
Начальные	10,00±0,21 ¹	3,74±0,41 ¹	7,50±0,58 ¹	4,70±0,47 ¹
Конечные	11,80±0,70 ²	5,20±0,49 ²	12,30±0,75 ²	7,30±0,58 ²
Садки				
Начальные	31,78±1,21 ¹	19,97±0,95 ¹	20,25±0,94 ¹	20,00±1,00 ¹
Конечные	31,13±1,19 ²	17,41±0,89 ²	24,19±1,0 ²	22,20±1,01 ²

¹ - различия достоверны в сравнении начальных данных в УЗВ и садках (p<0,001),

² - различия достоверны в сравнении конечных данных в УЗВ и садках (p<0,001),

Таблица 4.7 – Влияние солености на концентрацию γ-глобулинов у сеголетков стерляди

Группа	Концентрация γ-глобулинов, г·л ⁻¹ (M±m)				
	Печень	Почка	Жабры	Селезенка	Кожа
Кратковременный опыт					
Контроль	8,19±0,60 ²	3,28±0,39 ²	3,36±0,39	8,00±0,61 ²	2,38±0,29 ²
Опыт 1	4,85±0,45 ²	1,90±0,28 ²	3,87±0,42	4,53±0,45 ¹	7,48±0,56 ²
Опыт 2	6,49±0,52	3,87±0,40 ²	3,22±0,38	1,25±0,23 ²	1,58±0,27 ²
Долговременный опыт					
Контроль	1,19±0,23 ¹	5,51±0,50	2,89±0,30	0,53±0,15 ²	2,88±0,29 ²
Опыт 1	1,90±0,28	5,51±0,51	3,87±0,40	5,18±0,47 ²	6,17±0,53 ²
Опыт 2	2,14±0,31 ¹	3,20±0,37	3,12±0,34	4,18±0,43 ²	4,30±0,44

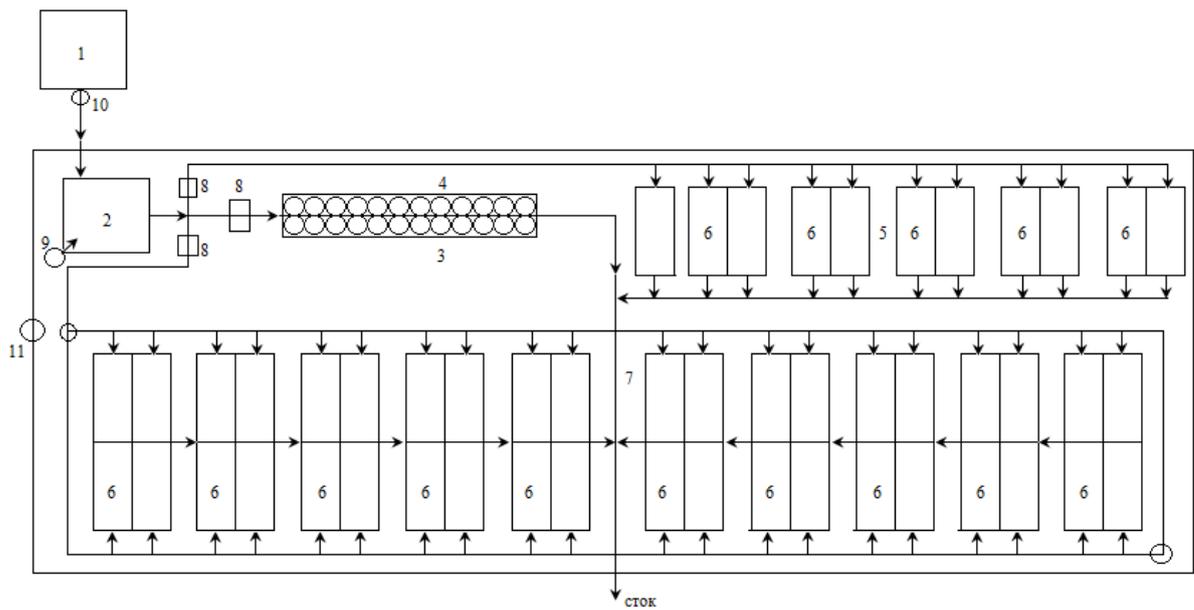
^{1,2} - различия достоверны при p<0,01 и 0,001

Таблица 4.8 – Влияние солености на концентрацию лизоцима у сеголетков стерляди в долго-временном опыте

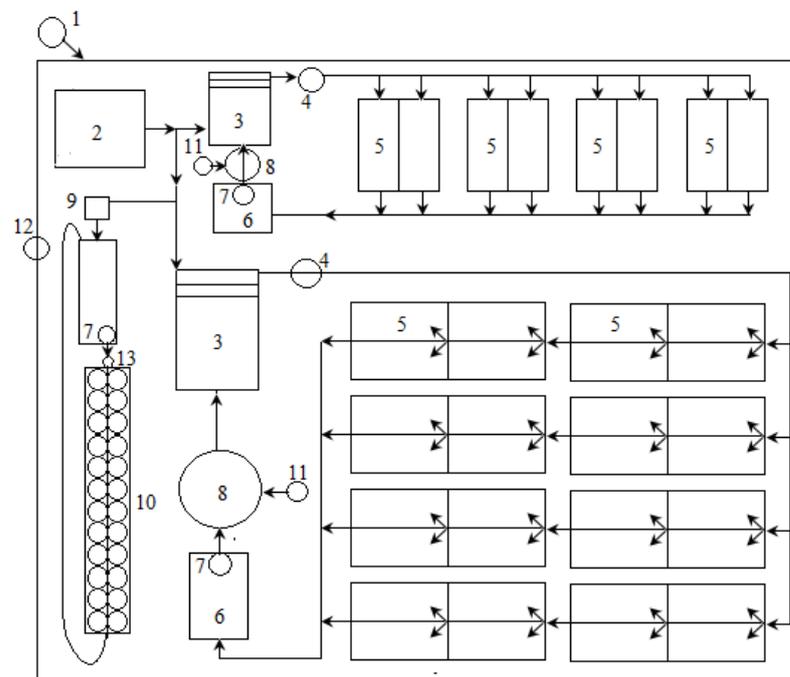
Значения	Концентрация лизоцима, г·л ⁻¹ (M±m)				
	Печень	Почка	Жабры	Селезенка	Кожа
Начальные значения					
Контроль	3,74±0,49 ^{2,3}	4,73±0,44 ^{2,3}	9,00±0,61 ³	10,01±0,60 ³	7,58±0,58 ²
Опыт 1	0,89±0,19 ³	1,57±0,24 ³	1,26±0,24 ³	1,19±0,20 ³	14,73±0,82 ²
Опыт 2	11,30±0,78 ³	17,80±0,89 ³	9,28±0,65 ³	28,05±1,11 ³	8,25±0,60 ³
Конечные значения					
Контроль	5,27±0,48 ³	7,31±0,62 ¹	10,90±0,71 ³	11,81±0,78 ²	12,04±0,75 ^{1,3}
Опыт 3	10,00±0,61 ³	10,05±0,60 ^{1,3}	9,41±0,65 ³	10,54±0,71	9,06±0,64 ^{1,3}
Опыт 4	25,43±1,02 ³	24,97±1,01	22,74±1,02 ³	19,43±0,94 ²	26,50±1,10 ³

^{1,2,3} - различия достоверны при p<0,05, 0,01 и 0,001

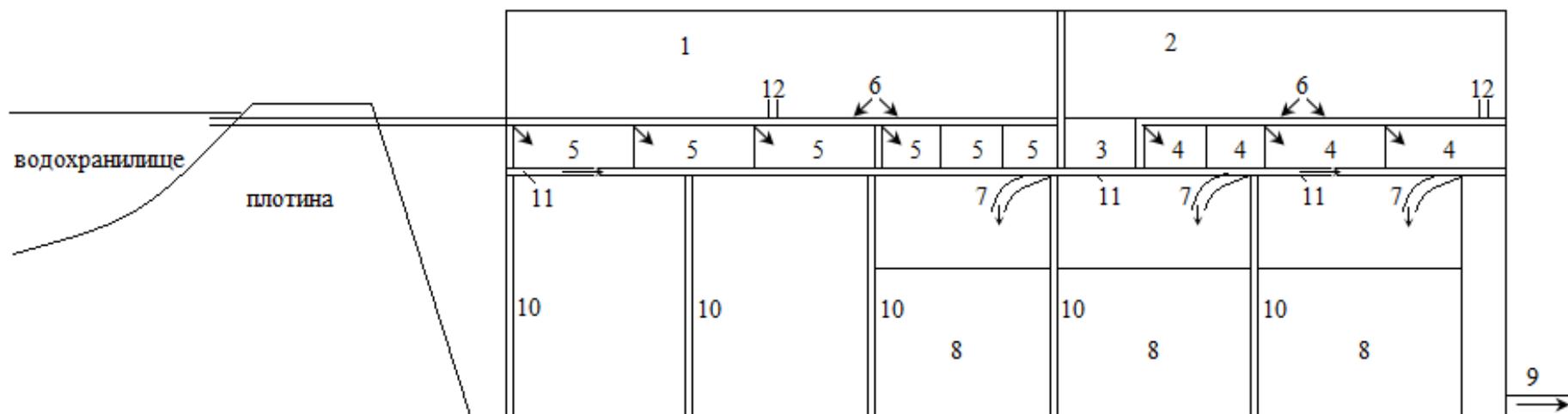
ПРИЛОЖЕНИЕ 5



1 – участок механической очистки воды; 2 – распределительная (накопительная) емкость; 3 – инкубационная установка; 4 – аппараты Вейса; 5 – бассейновый участок для производителей; 6 – бассейны; 7 – бассейновый участок молоди; 8 – нагреватель воды; 9 – компрессор; 10 – насос; 11 – вентилятор
 Рисунок 5.1 - План-схема предприятия по искусственному воспроизводству щуки

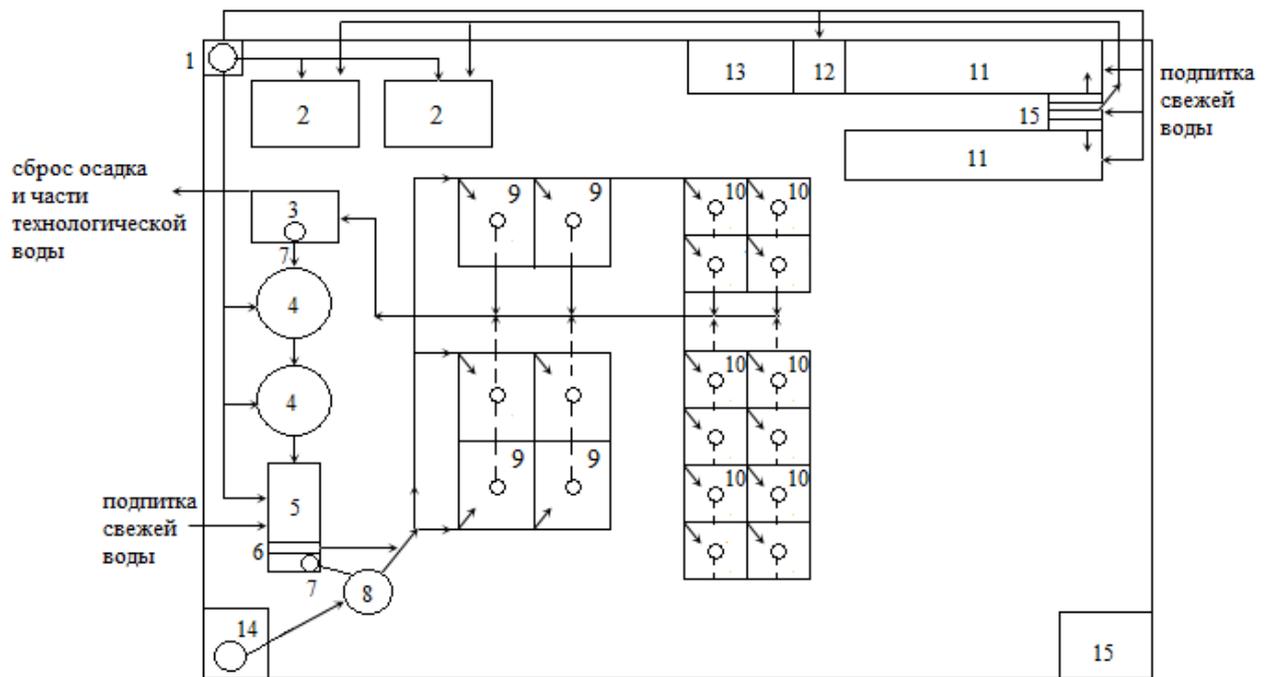


1 – артезианская скважина; 2 – накопительная (распределительная) емкость; 3 – дегазатор со встроенными УФ лампами; 4 – оксигенатор; 5 – бассейны; 6 – механический фильтр; 7 – насос; 8 – биофильтр; 9 – скоростной нагреватель воды; 10 – стойка аппаратов Вейса; 11 – компрессор; 12 – вентилятор; 13 – ультрафиолетовая лампа
 Рисунок 5.2 - План-схема предприятия с рециркуляционными установками



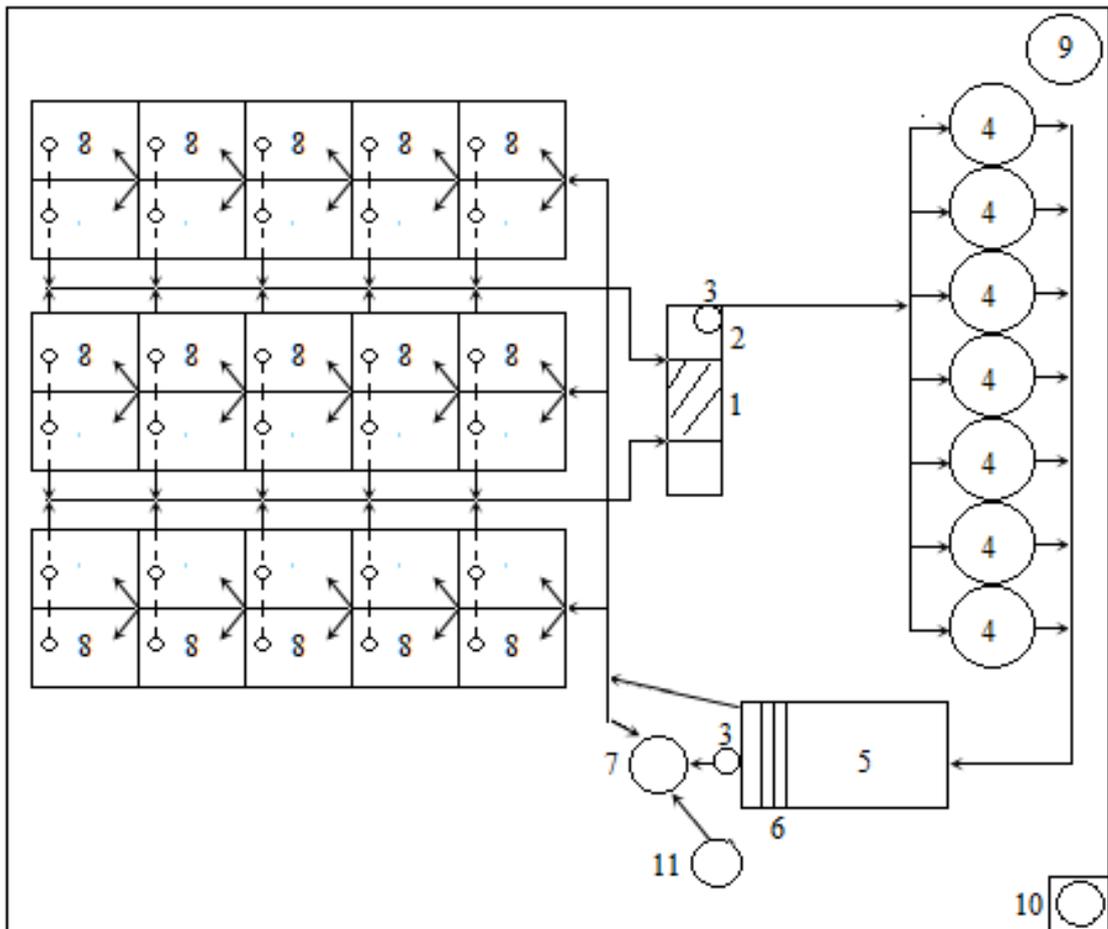
1 - цех выращивания посадочного материала; 2 - инкубационный цех; 3 - инкубационная установка;
 4 – бассейны для выдерживания производителей; 5 – бассейны для выращивания посадочного материала;
 6 – водоподающая труба; 7 – труба слива технологической воды в отстойник; 8 – отстойник;
 9 – слив воды из отстойника; 10 – сваи; 11 – сливной коллектор; 12 – дегазационные шахты

Рисунок 5.3 - Вертикальная схема расположения предприятия по искусственному воспроизводству рыльца



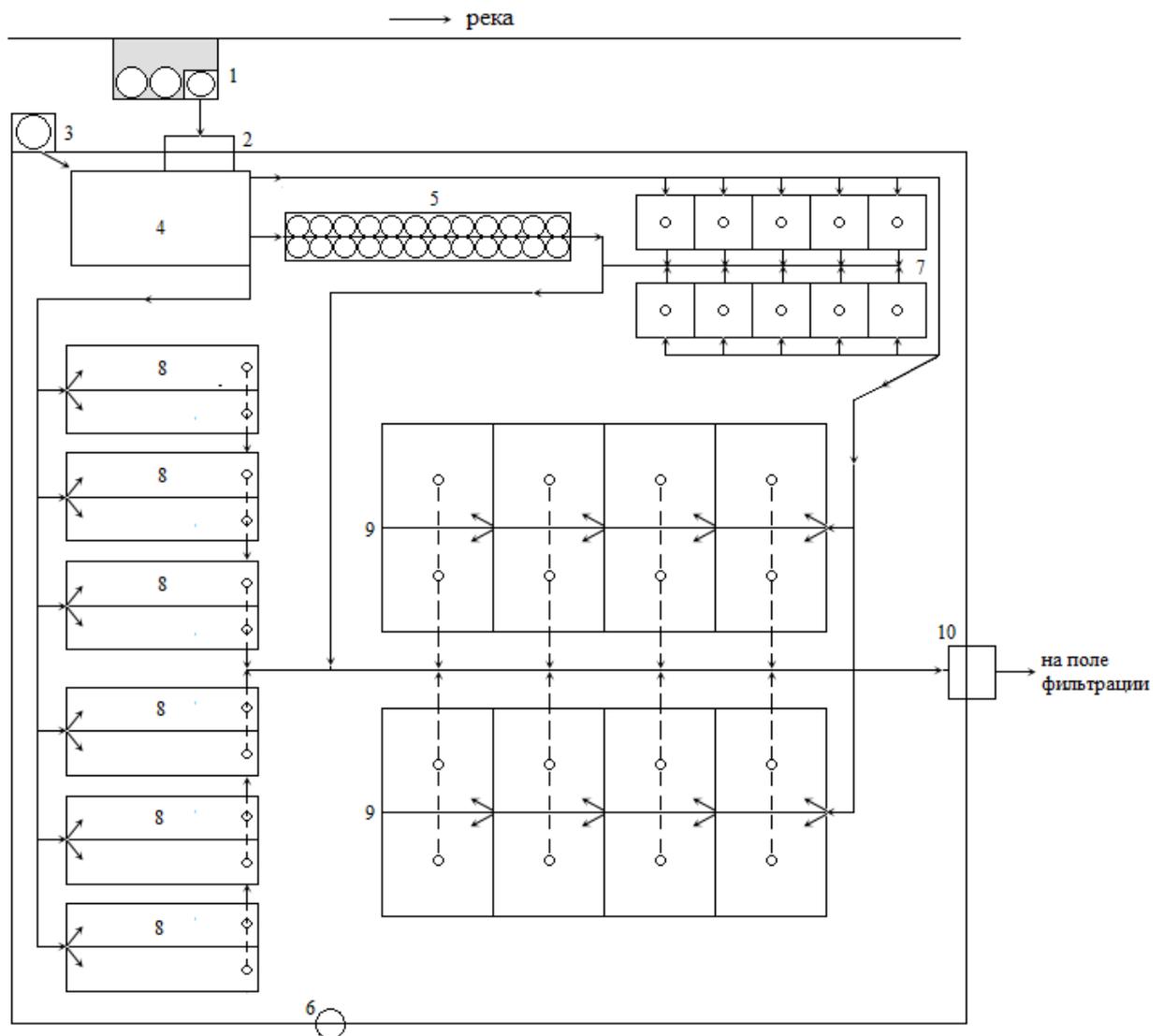
1 – компрессор; 2 – бассейны для профилактической обработки рыбы; 3 – механический фильтр; 4 – биофильтр; 5 – дегазатор; 6 – ультрафиолетовые лампы; 7 – насос; 8 – оксигенатор; 9 – бассейн для выдерживания производителей; 10 – бассейн для инъекционного содержания производителей; 11 – бассейн для накопления производителей перед сцеживанием половых продуктов; 12 – мойка; 13 – стол для работы с производителями; 14 – источник кислорода; 15 – направление подачи воды (воздуха, кислорода)

Рисунок 5.4 - План-схема участка (цеха) производителей рыбца



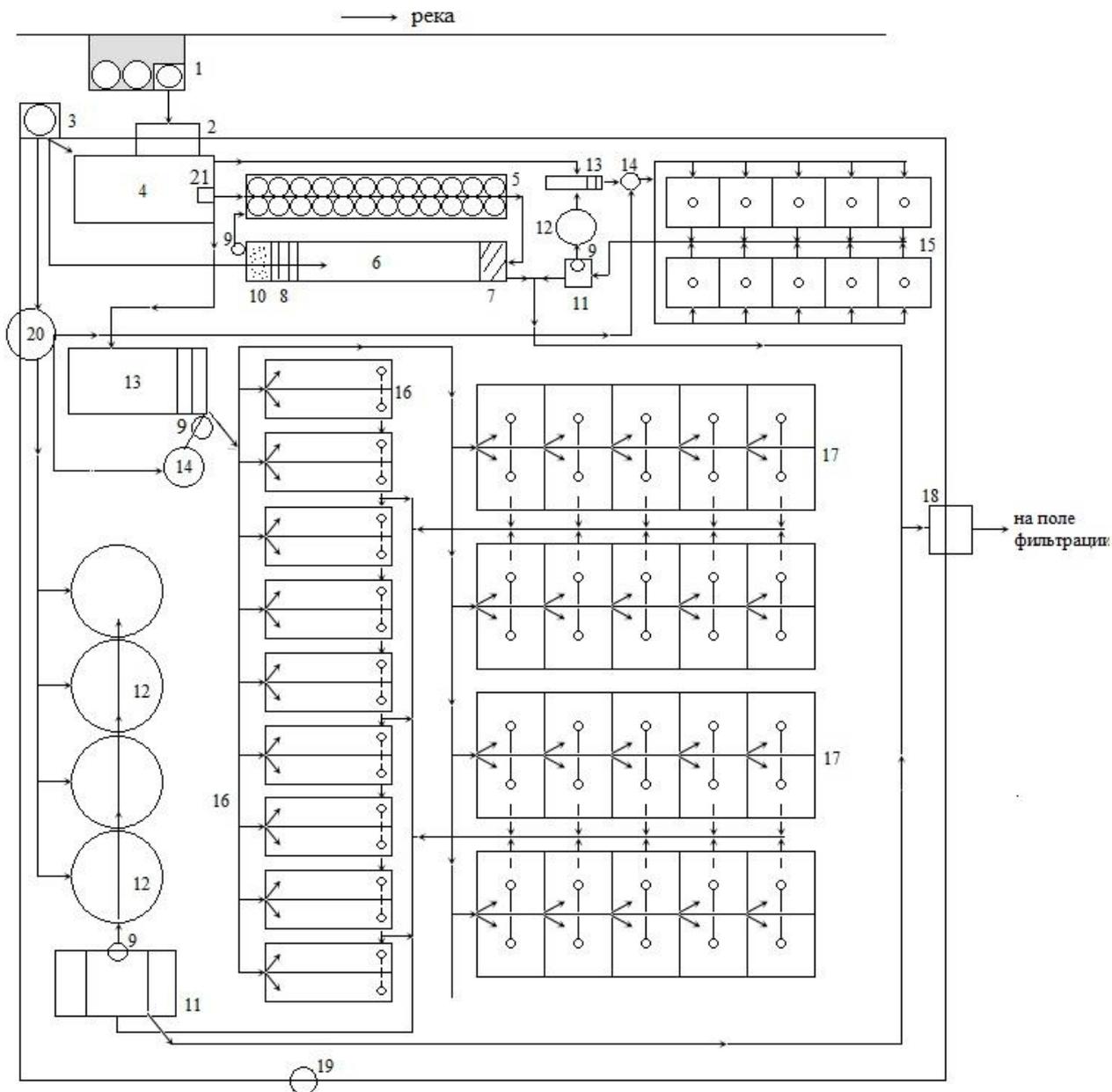
1 – барабанный механический фильтр; 2 – бассейн для приема очищенной воды; 3 – насос; 4 – биофильтр; 5 – дегазатор; 6 – встроенные ультрафиолетовые лампы; 7 – оксигенатор; 8 – бассейны; 9 – кондиционер; 10 – компрессор; 11 – источник кислорода

Рисунок 5.5 - План-схема участка (цеха) выращивания молоди рыбы



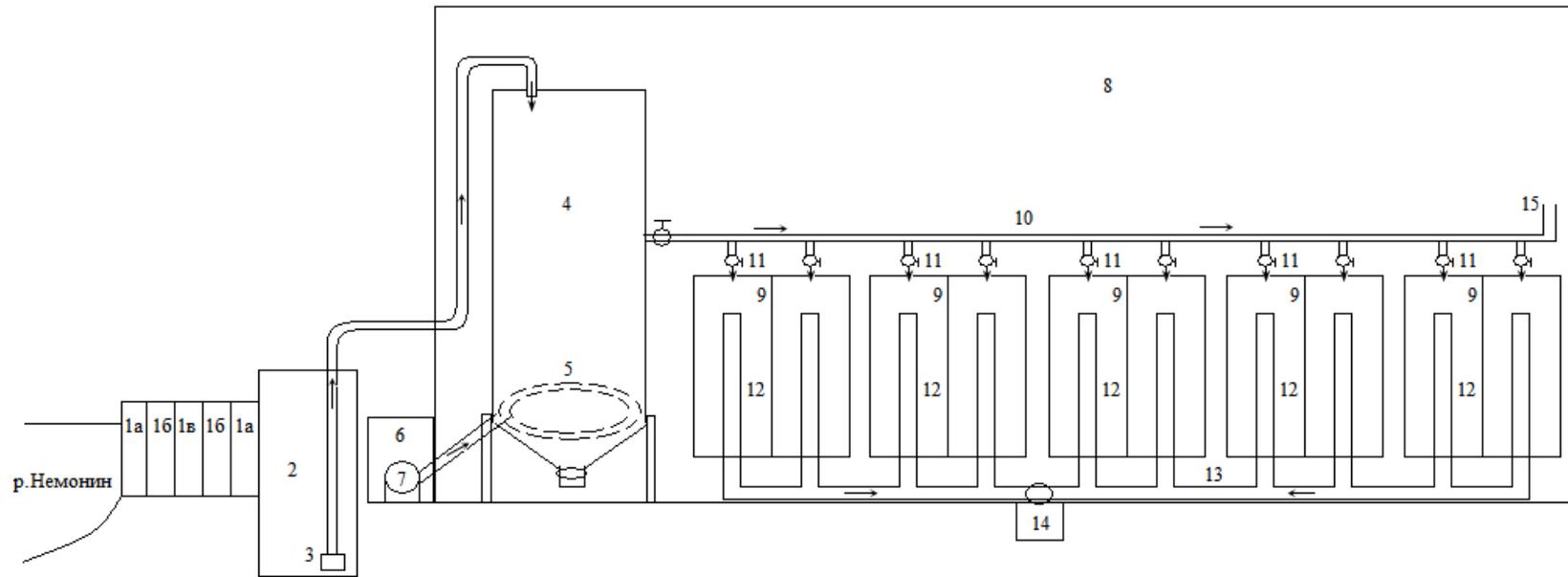
1 – механический фильтр; 2 – озонатор; 3 – компрессор; 4 – емкость-накопитель; 5 – стойка аппаратов Вейса; 6 – вентилятор; 7 – бассейны для производителей; 8 – бассейны для личинок;

Рисунок 5.6 - План-схема предприятия по выращиванию молоди линя



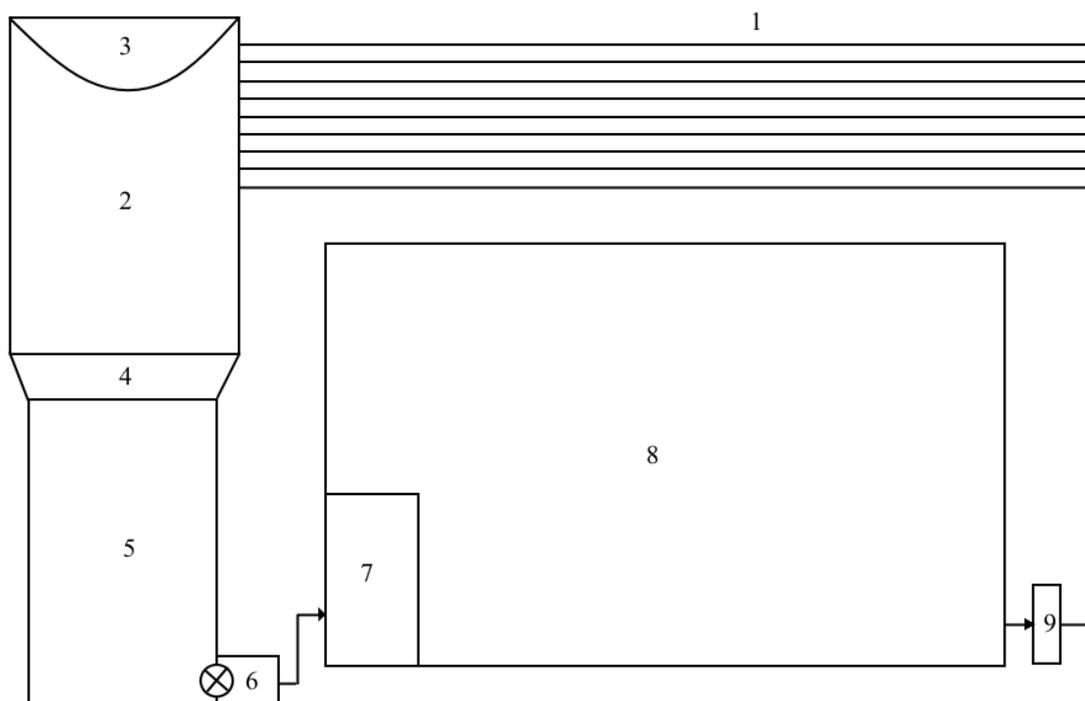
1 –механический фильтр; 2 – озонатор; 3 – компрессор; 4 – емкость-накопитель; 5 – стойка аппаратов Вейса; 6 – бассейн; 7 – синтепоновый фильтр; 8 – ультрафиолетовые лампы; 9 – насос; 10 – колонка активированного угля; 11 – механический фильтр; 12 – биофильтр; 13 – дегазатор; 14 – оксигенатор; 15 – бассейны для производителей; 16 – бассейны для личинок; 17 – бассейны для молоди; 18 – колодец для загрязненной воды; 19 – вентилятор; 20 – источник кислорода, направление потока воды (воздуха, кислорода); 21 – скоростной нагреватель воды

Рисунок 5.7 - План-схема предприятия по выращиванию молоди лия

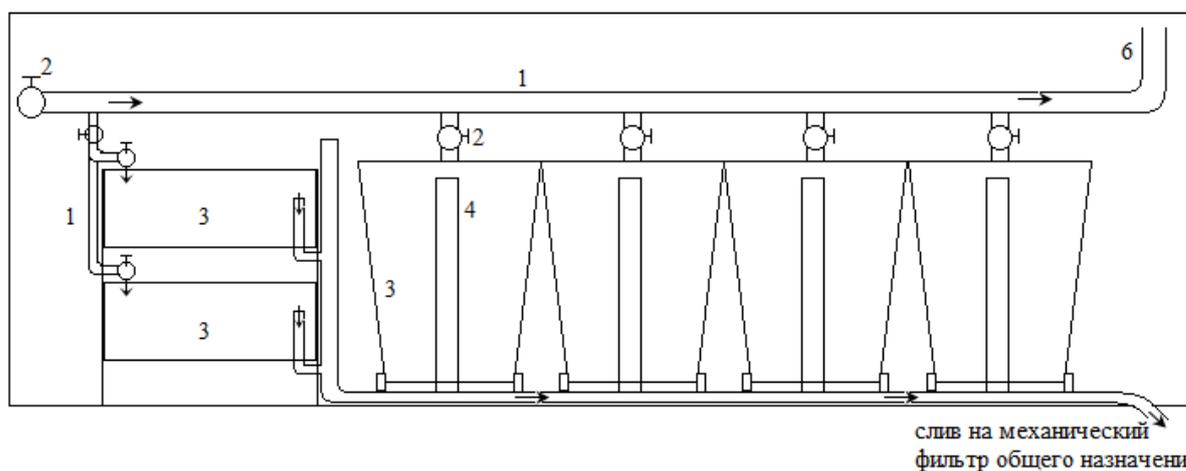


1 – механический фильтр; 1а – слой гравия; 1б – слой крупного песка; 1в – слой мелкого песка; 2 – колодец;
 3 – насос; 4 – накопительная (распределительная) емкость; 5 – распылительная решетка; 6 – компрессорная;
 7 – компрессор; 8 – производственные помещения; 9 – бассейны; 10 – водоподающая труба; 11 – краны;
 12 – урвненная трубка; 13 – сливной коллектор; 14 – колодец для сбора осадка; 15 – дегазационная шахта

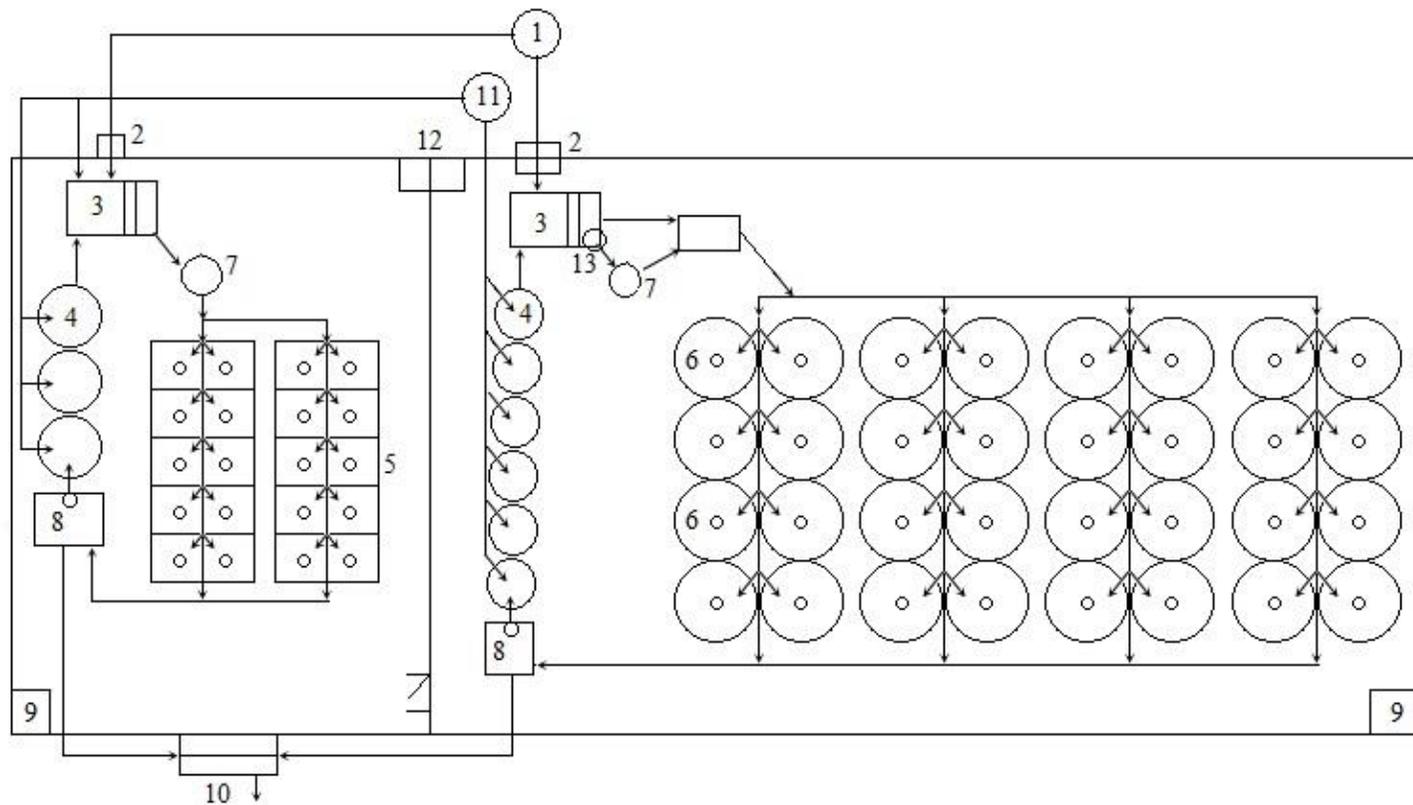
Рисунок 5.8 - Мнемосхема предприятия по искусственному воспроизводству стерляди



1 – мелиоративный канал; 2 – водоем-приемник; 3 – высшая водная растительность; 4 – песчано-гравийная перемычка; 5 – водоем-накопитель; 6 – водозабор с механическим фильтром; 7 – теплонасосная установка; 8 – рыбоводное хозяйство на базе УЗВ; 9 – механический фильтр
 Рисунок 5.9 - План-схема рыбоводного комплекса на польдерных землях



1 – водоподающий трубопровод; 2 – краны; 3 – бассейны; 4 – уровенные трубки; 5 – сливной коллектор; 6 – дегазационная шахта
 Рисунок 5.10 - Мнемосхема установки для выращивания посадочного материала стерляди при проточном водоснабжении предприятия:



1 – артезианские скважины; 2 – скоростной нагреватель воды; 3 – дегазатор;
 4 – биофильтр; 5 – бассейн для карантинизации стекловидного угля;
 6 – бассейны для выращивания посадочного материала; 7 – оксигенатор;
 8 – барабанный фильтр; 9 – кондиционер; 10 – приемный колодец технологической воды;
 11 – компрессор; 12 – вентилятор; 13 - насос

Рисунок 5.11 - План-схема предприятия по искусственному воспроизводству угля

Таблица 5.1 - График выпуска личинок

Вариант вселения	Объем выпуска личинок млн./шт.	Места выпуска личинок	Количество выпускаемых личинок, млн./шт.		
			Сроки выпуска в среднемноголетнем исчислении		
			1.04 – 10.04	5.04 – 15.04	10.04 – 1.05
1	2,0	Реки: Немонин, Ржевка, Тимберг с притоками, Матросовка, Полесский канал и другие водотоки в бассейне этих рек (общая протяженность около 200 км), проточные озера	1,2	0,3	0
2		Реки: Немонин, Ржевка, Тимберг с притоками, Матросовка, Полесский канал и другие водотоки в бассейне этих рек (общая протяженность около 200 км), проточные озера	0	0,06	0,04
		Прибрежная часть Куршского залива	0	0,24	0,16
1	12,0	Реки: Немонин, Ржевка, Тимберг с притоками, Матросовка, Полесский канал и другие водотоки в бассейне этих рек (общая протяженность около 200 км), проточные озера	7,2	1,8	0
2		Реки: Немонин, Ржевка, Тимберг с притоками, Матросовка, Полесский канал и другие водотоки в бассейне этих рек (общая протяженность около 200 км), проточные озера	0	0,36	0,24
		Прибрежная часть Куршского залива	0	1,44	0,96

* половина личинок относится к первому варианту вселения, а половина – ко второму.

Таблица 5.2 - Нормы качества воды при выращивании угля

Показатель	ОСТ для поступающей воды	Технологическая норма	Кратковременные допустимые значения
Взвешенные вещества, мг/л	До 10	До 30	-
pH	7-8	6,8-7,2	6,6-8,5
Нитриты, мгN/л	До 0,02	До 0,1-0,2	До 1,0
Нитраты, мгN/л	2-3	До 60	До 100
Аммонийный азот, мг N/л	1,0	2-4	До 10
Окисляемость бихроматная, мгO ₂ /л	До 30	20-60	70-100
Окисляемость перманганатная, мгO ₂ /л	До 10	10-15	До 40
Кислород на выходе из бассейнов, мгO ₂ /л	-	6	2-3
Кислород на выходе из биофильтра, мгO ₂ /л	-	4-8	Не менее 2

Таблица 5.3 - Рыбоводно-биологические нормативы по искусственному воспроизводству рыба

Наименование	Единица измерения	Показатель
1	2	3
Масса производителей:	г	
самки		300 – 550
самцы		200 – 450
Соотношение самок и самцов		1: 2- 3
Преднерестовое содержание производителей рыба		
Температура воды	°С	18-21
Расход воды в бассейнах	л/мин	60
Концентрация кислорода	мг/л	8-10
pH		7- 8
Плотность посадки: самцы	шт./м ²	15
самки		10
Получение зрелых половых продуктов		
<i>Самки 1-й группы</i>		
<i>1-я порция</i>		
Длительность выдерживания	сутки	1
Разрешающая доза лещового гипофиза	мг/кг	3
Время выдерживания после разрешающей дозы	ч	12

Продолжение таблицы 5.3

Время выдерживания после овуляции для сцеживания остаточной икры	ч	12
Процент созревших самок	%	100
Средняя рабочая плодовитость	Тыс.шт.	47,0
<i>2-я порция</i>		
Длительность выдерживания после получения первой порции	сутки	7
Предварительная доза лещового гипофиза	мг/кг	0,3
Длительность выдерживания после предварительной инъекции	ч	12
Разрешающая доза лещового гипофиза	мг/кг	3
Длительность созревания после разрешающей инъекции	ч	12
Процент созревших самок	%	40-50
<i>Самки 2-й группы</i>		
Время выдерживания до инъектирования	сутки	1
Предварительная доза лещового гипофиза	мг/кг	0,3
Длительность выдерживания после предварительной инъекции	ч	24
Разрешающая доза лещового гипофиза	мг/кг	3
Длительность созревания после разрешающей инъекции	ч	12
Процент созревания самок	%	50 -60
Средняя рабочая плодовитость	тыс. шт.	6,5 - 25
<i>Самки 3-й группы</i>		
Время выдерживания до инъектирования	сутки	6
Предварительная доза лещового гипофиза	мг/кг	0,3
Длительность выдерживания после предварительной инъекции	ч	24
Разрешающая доза лещового гипофиза	мг/кг	3
Длительность созревания после разрешающей инъекции	ч	12
Процент созревания самок	%	25 - 28
<i>Осеменение икры и подготовка к инкубации</i>		
Метод взятия половых продуктов		Отцеживание
Метод осеменения икры		Мокрый
Время осеменения икры	с	30-40
Время покоя икры после оплодотворения	мин	2-3
Процент оплодотворения икры	%	Не менее 90
Время обесклеивания икры в растворе молока (одна часть молока на 10 частей воды)	мин	30-40
<i>Инкубация икры</i>		
Норма загрузки икры в аппарат Вейса	тыс. шт.	40,0-120,0
Температура воды в период инкубации икры и выдерживания предличинок	°С	16,5 -20,0
Расход воды в аппарате в период инкубации икры	л/мин	1,25-2,5
Длительность инкубации икры	сутки	3,0
Выход предличинок от икры	%	70 -75
<i>Выдерживание предличинок рыба</i>		
Плотность посадки в лотки	млн./ м ³	1,5
Длительность выдерживания предличинок	сутки	3-5

Окончание таблицы 5.3

Расход воды в период выдерживания	л/мин	1,0-1,3
Температура воды	°С	17-18
рН		6,5 -8
Концентрация кислорода	мг/л	8 -10
Выход личинок при выдерживании	%	Не менее 70
<i>Подращивание и выращивание личинок</i>		
Плотность посадки в бассейн	тыс. шт./м ²	20
Уровень воды	м	0,2-0,3
Температура воды	°С	20±2
Концентрация кислорода	мг/л	Более 6,0
рН		6,5-8
Водообмен	раз/ч	0,5-1
Выход личинок	%	70-80
Плотность посадки личинок массой 50 мг	тыс. шт./м ²	10
Уровень воды	м	0,3-0,4
Температура воды	°С	20±2
Концентрация кислорода	мг/л	Более 6,0
рН		6,5-8
Водообмен	раз/ч	1-2
Выход мальков массой 0,5-1 г	%	80
Плотность посадки молоди массой 0,5-1 г	тыс. шт./м ²	3-4
Уровень воды	м	0,6-0,8
Температура воды	°С	20 ± 2
Концентрация кислорода	мг/л	Более 6,0
рН		6,5–8
Водообмен	раз/ч	1
Промысловый возврат:		
-от молоди массой 0,5-1,0 г	%	0,5
-от молоди массой 3,0-10,0 г		2,0

Таблица 5.4 - Рыбоводно-биологические нормативы искусственного воспроизводства линя

Показатели	Ед. измерения	Норма
1	2	3
<i>Преднерестовое содержание производителей линя</i>		
Возраст производителей: самки	лет	4-7
самцы		3-6
Плотность посадки производителей в бассейны	шт. /м ²	50
Среднестучная масса производителей: самки	кг	0,5-0,6
самцы		0,4-0,5
Соотношение полов – самки : самцы	шт.	1:3
Резерв производителей: самки	%	50
самцы		30
Температура во время выдерживания производителей	°С	21-24
Плотность посадки производителей в бассейны на этапе гормонального стимулирования созревания	шт. /м ²	10
<i>Стимуляция созревания половых клеток и их характеристика</i>		

Окончание таблицы 5.4

Доза лещового гипофиза: самки - предварительная первая - предварительная вторая - разрешающая самцы	мг/кг	1 4 7-10 3-4
Частота проверки на текучесть: самок первой группы при температуре воды 20 -21 ⁰ С при температуре воды выше 21 ⁰ С самок второй группы при температуре воды 20 -21 ⁰ С при температуре воды выше 21 ⁰ С	Раз	Раз в 2 дня Ежедневно Раз в 4 дня Раз в 2 дня
Рабочая плодовитость (по одной порции)	тыс. шт.	30,0
Количество икринок в 1 л	млн. шт.	0,6-0,7
Объем эякулята самцов	мл	0,2-0,5
Время подвижности сперматозоидов	с	40-60
Метод осеменения	-	Сухой
Процент оплодотворения	%	90
Длительность обесклеивания в оплодотворяющем растворе Войнаровича и водном растворе танина: - классический метод - модифицированный метод	ч мин	1-1,5 45
Инкубация икры линия		
Температура во время инкубации икры	⁰ С	21-24
Норма загрузки набухшей икры в инкубационный аппарат Вейса	л	0,5-1
Расход воды в аппаратах Вейса	л/мин	0,8 -1,2
Отход икры за период инкубации	%	50
Выдерживание предличинок и выращивание мальков линия		
Температура во время выдерживания предличинок и выращивания мальков	⁰ С	21-24
Плотность посадки предличинок в бассейны (лотки)	тыс.шт. /м ²	200
Отход личинок за период выдерживания	%	10
Плотность посадки личинок в бассейны	тыс.шт./м ²	10
Выход подрощенных личинок (масса 50 мг)	%	50
Плотность посадки личинок массой 50 мг	тыс.шт./м ²	5
Выход 0,3-0,5 г мальков	%	50
Суточная доза: -живого корма - искусственных кормов	%	100 10-30
Промысловый возврат: от молоди массой 0,3-0,5 г от молоди массой 5,0-15,0 г	%	0,5 2,0

Таблица 5.5 - Рыбоводно-биологические нормативы искусственного воспроизводства линя на базе доместичированных производителей в УЗВ

Показатели	Ед. измерения	Норма
1	2	3
Межнерестовой нагул производителей линя		
Возраст производителей:	лет	5-10
Плотность посадки производителей в бассейны	шт. /м ³	50-100
Среднестучная масса производителей:	кг	0,4-1,0
Выживаемость	%	99
Температура воды	°С	20-23
Содержание растворенного кислорода	мг/л	Более 6,0
pH		6,5-7,5
NH ₃ ⁺ NH ₄ ⁺	мг/л	До 1,0
NO ₂ ⁻	мг/л	До 0,5
NO ₃ ⁻	мг/л	До 100
Водообмен	раз/ч	1
Продолжительность	сут	180-240
Суточная доза корма	% от массы	0,3-0,5
Кормовой коэффициент		2-3
Нерестовое содержание		
Температура воды	°С	21-24
Содержание растворенного кислорода	мг/л	Более 6,0
pH		6,5-7,5
NH ₃ ⁺ NH ₄ ⁺	мг/л	До 0,5
NO ₂ ⁻	мг/л	До 0,2
NO ₃ ⁻	мг/л	До 50
Нерест на субстрате		
Плотность посадки на бассейн самки	шт.	2
самцы		5
Уровень воды	м	0,4
Водообмен	раз/ч	0,5
Выход предличинок	%	30
Плотность посадки предличинок	тыс. шт. /м ²	До 200
Плотность посадки личинок	тыс. шт. /м ²	10
Выход личинок массой 50 мг	%	50
Выход мальков массой 0,5-1 г	%	90
Плотность посадки личинок массой 50 мг	тыс. шт. /м ²	5
Выход мальков массой 0,5-1 г	%	90
Водообмен при выращивании личинок и мальков	раз/ч	1
Уровень воды	м	0,3-0,4
Кормление (вид корма) личинок		Инфузории, коловратки, науплии, стартовый корм Aller Futura («000», «00», «0»)

Продолжение таблицы 5.5

Суточные дозы корма: науплии артемии стартовый корм - первые сутки - вторые сутки - третьи сутки - четвертые сутки и далее до массы 300 мг - для рыб массой более 300 мг	% от массы рыб	75-100 3,5 8 13 18 10-15
Кормовой коэффициент по стартовому корму		1,5-2
Заводской способ		
Температура воды	°С	21-24
Содержание растворенного кислорода	мг/л	Более 6,0
рН		6,5-7,5
NH ₃ ⁺ NH ₄ ⁺	мг/л	До 0,5
NO ₂ ⁻	мг/л	До 0,3
NO ₃ ⁻	мг/л	До 50
Соотношение полов	♀:1	1:3
Масса производителей	кг	0,5-1,0
Рабочая плодовитость (разовая порция)	тыс. шт.	30
Объем эякулята	мл	0,3-0,6
Время подвижности сперматозоидов	с	30-60
Метод осеменения	-	Сухой
Процент оплодотворения	%	Более 70
Обесклеивающее вещество		Танин
Концентрация обесклеивающего раствора	г/10 л	10
Время обесклеивания	с	25-30
Время промывки икры	мин	5-10
Выход предличинок	%	50
Выход личинок массой 50 мг	%	80
Выход мальков массой 0,5-1 г	%	90
Плотность посадки предличинок	тыс. шт. /м ²	200
Плотность посадки личинок	тыс. шт. /м ²	10
Плотность посадки личинок массой 50 мг	тыс. шт. /м ²	5
Водообмен	раз/ч	1
Уровень воды	м	0,3-0,4
Кормление	Аналогично описанному выше	
Выращивание посадочного материала до массы 3 г		
Температура воды	°С	22-24
Содержание растворенного кислорода	мг/л	Более 6,0
рН		6,5-7,5
NH ₃ ⁺ NH ₄ ⁺	мг/л	До 0,5
NO ₂ ⁻	мг/л	До 0,2
NO ₃ ⁻	мг/л	До 50
Плотность посадки - крупной молодежи - мелкой и средней молодежи	тыс. шт. /м ² тыс. шт. /м ²	3 4
Уровень воды	м	0,4-0,6
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90

Окончание таблицы 5.5

Кормление (вид корма)	Aller Futura («0», «1») и его аналоги	
Суточные дозы корма для рыб массой, г:		
0,5-1	% от массы рыб	10
1-2		8
2-3		6
Кормовой коэффициент		1
Продолжительность	сутки	60-80
Выращивание посадочного материала до массы 5-15 г		
Температура воды	°С	20±2
Содержание растворенного кислорода	мг/л	Более 6,0
рН		6,5-7,5
NH ₃ ⁺ NH ₄ ⁺	мг/л	1
NO ₂ ⁻	мг/л	0,5
NO ₃ ⁻	мг/л	100
Плотность посадки	тыс. шт. /м ²	2
Уровень воды	м	0,6
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	95
Кормление (вид корма)	Aller Futura («1», «2», «3», «4») и его аналоги	
Суточные дозы корма для рыб массой, г:		
1-2	% от массы рыб	6
2-4		5,5
4-6		5
6-8		4
8-10		4
10-12		3
12-15		3
Кормовой коэффициент		1-1,2
Продолжительность	сут	180-200

Таблица 5.6 - Рыбоводно-биологические нормативы искусственного воспроизводства щуки в бассейне Куршского залива и р. Неман

№	Показатели	Ед. измерения	Норма
1	Средне-штучная масса производителей: - самки - самцы	кг	2-3 1-2
2	Соотношение полов – самки : самцы	шт.	1:2
3	Относительная рабочая плодовитость	тыс. шт. /кг	20,0
4	Резерв производителей	%	50
5	Отход производителей при транспортировке	%	5
6	Плотность посадки производителей при выдерживании	шт. /м ²	3 - 5
7	Отход производителей при выдерживании	%	10
8	Процент оплодотворения икры	%	90

Окончание таблицы 5.6

9	Загрузка икры в аппарат Вейса	тыс.шт.	150
10	Отход икры за период инкубации	%	30
11	Расход воды в инкубационных аппаратах: этап клейкости этап потери клейкости этап за 2-3 сут перед вылуплением	л/мин	0,1-0,2 1-2 3-5
12	Плотность посадки предличинок в бассейны (лотки)	тыс. шт. /м ²	75-100
13	Расход воды в лотковом бассейне	л/мин	10
14	Отход личинок за период выдерживания	%	10
15	Время выдерживания предличинок	сутки	10-12
16	Промысловый возврат от выдержанных личинок	%	0,1

Таблица 5.7 - Биотехнические нормативы выращивания посадочного материала стерляди

Показатели	Бионормативы
1	2
Выдерживание предличинок	
Температура воды, °С	12-15
Концентрация кислорода, мг/л	6-9
рН	6,5-7,5
Плотность посадки, тыс. шт./м ²	5,0-10,0
Выживаемость, %	80
Продолжительность этапа, сут	8 -12
Подращивание молоди до массы 1г	
Температура воды, °С	16 -18
Концентрация кислорода, мг/л	6 -9
рН	6,5-7,5
Плотность посадки, тыс. шт./м ²	3,0
Выживаемость, %	50
Продолжительность этапа, сут	30-40
Выращивание молоди до массы 3 г	
Температура воды, °С	18-20
Концентрация кислорода, мг/л	6-9
рН	6,5-7,5
Плотность посадки, тыс. шт./м ²	1,2
Выживаемость, %	80
Продолжительность этапа, сут	20-30
Выращивание молоди до массы 10 г	
Температура воды, °С	18-23
Концентрация кислорода, мг/л	6-9

Окончание таблицы 5.7

рН	6,5-8
Плотность посадки, тыс. шт./м ²	1,0
Выживаемость, %	90
Продолжительность этапа, сут	20-30
Выращивание молоди до массы 100 г	
Температура воды, °С	20-25
Концентрация кислорода, мг/л	6-9
рН	6,5-8
Плотность посадки, тыс. шт./м ²	0,5
Выживаемость, %	90
Продолжительность этапа, сут	70-90
Водообмен воды в бассейнах (раз/ч) при:	1
- выдерживании предличинок	1-2
- подращивании личинок до 1 г	2
- выращивании молоди до 3 -10г	1-2
- выращивании молоди до 100 г	1-2
Уровень воды (м) в бассейнах при:	0,2
- выдерживании предличинок	0,3
- подращивании личинок до 1 г	0,3-0,4
- выращивании молоди до 3 -10г	0,5-0,8
- выращивании молоди до 100 г	
Суточная доза кормления, % от массы тела	
Живые корма:	
- в первые 5 -7 суток	100
- последующие 5 суток	80-60-40-20-0
Искусственные стартовые корма:	
- первые 5 суток	3-6-9-12-15
- последующие 20 суток	15-10
- при выращивании молоди до 3 г	10-8
- при выращивании молоди до 10 г	8-6
- при выращивании молоди до 100 г	3-4
Промысловый возврат для молоди массой 10 г, %	4,6

Таблица 5.8 - Рыбоводно-биологические нормативы выращивания посадочного материала угря

Показатель	Норма
Выдерживание (карантинизация) посадочной молоди угря	
Время проведения карантина, сут	30
Температура воды в период адаптации, °С	7-23
Температура воды в период карантинизации, °С	20-23
Содержание кислорода, % насыщения	100-110
Начало кормления при достижении температуры воды, °С	15-16

Окончание таблицы 5.8

Кормление, в течение суток	Постоянно
Плотность посадки в УЗВ, тыс.шт./м ³ при водообмене один раз/ч	До 50
Суточная доза икры трески(судака),% от массы рыб	10
Суточная доза искусственного корма ,% от массы рыб	До 4,0
Выживаемость,%	90
выращивания мальков угря до массы 3-5 г	
Время выращивания, сут	90-100
Температура воды, °С	24-26
Содержание кислорода,% насыщения	100-150
рН	6,5-7,5
Плотность посадки,тыс.шт./м ³	10
Выживаемость,%	80
Суточный доза корма, %	4-6
Кормление в течение суток	Постоянно
Затраты корма (к/к)	1,0-1,4
Время первой сортировки от начала выращивания	Через 2 недели
Периодичность проведения последующих сортировок	Через 4 недели
Промысловый возврат,%	20
выращивания молоди угря до массы 35-50 г	
Время выращивания, сут	210-245
Температура воды, °С	20-23
Насыщение воды кислородом, %	100-150
рН	6,5-7,5
Суточный рацион, %	3
Периодичность кормления	Круглосуточно
Кормовой коэффициент	1,2
Периодичность проведения сортировок	Через четыре недели
Промысловый возврат,%	40

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблица 6.1 - Оценка промвозврата рыба при зарыблении Куршского залива

Годы пром-возврата	Годы зарыбления								Промвозврат																Итого, т			
									%								т											
	16	17	18	19	20	21	22	23	18	19	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
2018	+								2									0,8										0,8
2019	+	+							10	2								4,2	0,8									5,0
2020	+	+	+						27	10	2							11,3	4,2	0,8								16,3
2021	+	+	+	+					24	27	10	2						10,0	11,3	4,2	0,8							26,3
2022	+	+	+	+	+				18	24	27	10	2					7,5	10,0	11,3	4,2	0,8						33,8
2023	+	+	+	+	+	+			7	18	24	27	10	2				2,9	7,5	10,0	11,3	4,2	0,8					36,7
2024	+	+	+	+	+	+	+		6	8	18	24	27	10	2			2,5	2,9	7,5	10,0	11,3	4,2	0,8				39,2
2025	+	+	+	+	+	+	+	+	4	6	8	18	24	27	10	2		1,7	2,5	2,9	7,5	10,0	11,3	4,2	0,8			40,9
2026	+	+	+	+	+	+	+	+	2	4	6	8	18	24	27	10	2	0,8	1,7	2,5	2,9	7,5	10,0	11,3	4,2	0,8		41,8
2027	+	+	+	+	+	+	+	+		2	4	6	8	18	24	27	10		0,8	1,7	2,5	2,9	7,5	10,0	11,3	4,2		41,8
2028	+	+	+	+	+	+	+	+			2	4	6	8	18	24	27	Далее по максимально достигнутому уровню										
2029	+	+	+	+	+	+	+	+				2	4	6	8	18	24											

Таблица 6.2 - Оценка промвозврата щуки при зарыблении Куршского залива 12 млн. личинок щуки

Годы пром-возврата	Годы зарыбления								Промвозврат												Итого, т			
									%								т							
	16	17	18	19	20	21	22	23	18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22		23	24	
2018	+								1							0,4								0,4
2019	+	+							7	1						2,8	0,4							3,2
2020	+	+	+						25	7	1					10,0	2,8	0,4						13,2
2021	+	+	+	+					35	25	7	1				14,0	10,0	2,8	0,4					27,2
2022	+	+	+	+	+				25	35	25	7	1			10,0	14,0	10,0	2,8	0,4				37,2
2023	+	+	+	+	+	+			7	25	35	25	7	1		2,8	10,0	14,0	10,0	2,8	0,4			40,0
2024	+	+	+	+	+	+	+			7	25	35	25	7	1		2,8	10,0	14,0	10,0	2,8	0,4		40,0
2025	+	+	+	+	+	+	+	+			7	25	35	25	7	Далее по максимально достигнутому уровню								
2026	+	+	+	+	+	+	+	+				7	25	35	25									
2027	+	+	+	+	+	+	+	+					7	25	35									
2028	+	+	+	+	+	+	+	+						7	25									
2029	+	+	+	+	+	+	+	+							7									

Таблица 6.3 - Оценка промвозврата щуки при зарыблении Калининградского залива

Годы пром-возврата	Годы зарыбления								Промвозврат																Итого,т
									%								т								
	16	17	18	19	20	21	22	23	18	19	20	21	22	23	24	25	18	19	20	21	22	23	24		
2018	+								1								0,14								1,14
2019	+	+							7	1							1,0	0,14							1,14
2020	+	+	+						25	7	1						3,5	1,0	0,14						4,64
2021	+	+	+	+					35	25	7	1					4,9	3,5	1,0	0,14					9,54
2022	+	+	+	+	+				25	35	25	7	1				3,5	4,9	3,5	1,0	0,14				13,04
2023	+	+	+	+	+	+			7	25	35	25	7	1			1,0	3,5	4,9	3,5	1,0	0,14			14,08
2024	+	+	+	+	+	+	+			7	25	35	25	7	1			1,0	3,5	4,9	3,5	1,0	0,14		14,08
2025	+	+	+	+	+	+	+	+			7	25	35	25	7	1	Далее по максимально достигнутому уровню								
2026	+	+	+	+	+	+	+	+				7	25	35	25	7									
2027	+	+	+	+	+	+	+	+					7	25	35	25									
2028	+	+	+	+	+	+	+	+						7	25	35									
2029	+	+	+	+	+	+	+	+							7	25									

Таблица 6.4 - Оценка промвозврата линия при зарыблении Куршского залива

Годы промвозврата	Годы зарыбления								Промвозврат														Итого, т	
									%							т								
	16	17	18	19	20	21	22	23	19	20	21	22	23	24	25	19	20	21	22	23	24	25		
2019	+								7							4,3								4,3
2020	+	+							20	7						12,2	4,3							16,5
2021	+	+	+						25	20	7					15,3	12,2	4,3						31,8
2022	+	+	+	+					35	25	20	7				21,4	15,3	12,2	4,3					53,2
2023	+	+	+	+	+				12	35	25	20	7			7,3	21,4	15,3	12,2	4,3				60,5
2024	+	+	+	+	+	+			1	12	35	25	20	7		0,6	7,3	21,4	15,3	12,2	4,3			61,1
2025	+	+	+	+	+	+	+			1	12	35	25	20	7		0,6	7,3	21,4	15,3	12,2	4,3		61,1
2026	+	+	+	+	+	+	+	+			1	12	35	25	20			0,6	7,3	22,4	15,3	12,2		61,1
2027	+	+	+	+	+	+	+	+				1	12	35	25	Далее по максимально достигнутому уровню								
2028	+	+	+	+	+	+	+	+					1	12	35									
2029	+	+	+	+	+	+	+	+						1	12									
2030	+	+	+	+	+	+	+	+							1									

Таблица 6.5 - Оценка промвозврата стерляди при зарыблении Куршского залива сеголетками массой 10 г

Годы пром-возврата	Годы зарыбления								Промысловый возврат												Итого, т			
									%						т									
	16	17	18	19	20	21	22	23	19	20	21	22	23	24	25	19	20	21	22	23		24	25	
2019	+								7							2,3								2,3
2020	+	+							20	7						6,6	2,3							8,9
2021	+	+	+						25	20	7					8,3	6,6	2,3						17,2
2022	+	+	+	+					35	25	20	7				11,6	8,3	6,6	2,3					28,8
2023	+	+	+	+	+				12	35	25	20	7			4,0	11,6	8,3	6,6	2,3				32,8
2024	+	+	+	+	+	+			1	12	35	25	20	7		0,3	4,0	11,6	8,3	6,6	2,3			33,1
2025	+	+	+	+	+	+	+			1	12	35	25	20	7		0,3	4,0	11,6	8,3	6,6	2,3		33,1
2026	+	+	+	+	+	+	+	+			1	12	35	25	20			0,3	4,0	11,6	8,3	6,6		33,1
2027	+	+	+	+	+	+	+	+				1	12	35	25	Далее по максимально достигнутому уровню								
2028	+	+	+	+	+	+	+	+					1	12	35									
2029	+	+	+	+	+	+	+	+						1	12									
2030	+	+	+	+	+	+	+	+							1									

Таблица 6.6 - Оценка промвозврата угря при зарыблении Куршского залива

Годы пром-возврата	Промвозврат																				Итого, т	
	Годы зарыбления, 2010 – 2016 гг.							%, 2013 – 2019 гг.							Тонны, 2013 – 2019 гг.							
	10	11	12	13	14	15	16	13	14	15	16	17	18	19	13	14	15	16	17	18		19
2013	+							1,0							2,7							2,7
2014	+	+						6,0	1,0						16,2	2,7						18,9
2015	+	+	+					25,0	6,0	1,0					67,5	16,2	2,7					86,4
2016	+	+	+	+				35,0	25,0	6,0	1,0				94,5	67,5	16,2	2,7				180,9
2017	+	+	+	+	+			25,0	35,0	25,0	6,0	1,0			67,5	94,5	67,5	16,2	2,7			248,4
2018	+	+	+	+	+	+		8,0	25,0	35,0	25,0	6,0	1,0		21,6	67,5	94,5	67,5	16,2	2,7		270,0
2019		+	+	+	+	+	+		8,0	25,0	35,0	25,0	6,0	1,0		21,6	67,5	94,5	67,5	16,2	2,7	270,0
2020			+	+	+	+	+			8,0	25,0	35,0	25,0	6,0	Далее по максимально достигнутому уровню							
2021				+	+	+	+				8,0	25,0	35,0	25,0								
2022					+	+	+					8,0	25,0	35,0								
2023						+	+						8,0	25,0								
2024							+							8,0								

Таблица 6.7 - Оценка промвозврата угля при зарыблении Калининградского залива

Годы промвозврата	Промвозврат																				Итого, т	
	Годы зарыбления, 2010– 2016 гг.							% (2014 – 2019 гг)							Т (2014 – 2019 гг)							
	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	14	15	16	17	18	19		20
2014	+							1,0							0,9							0,9
2015	+	+						20,0	1,0						18,6	0,9						19,5
2016	+	+	+					41,6	20,0	1,0					38,7	18,6	0,9					58,2
2017	+	+	+	+				30,0	41,6	20,0	1,0				27,9	38,7	18,6	0,9				86,1
2018	+	+	+	+	+			6,0	30,0	41,6	20,0	1,0			5,6	27,9	38,7	18,6	0,9			91,7
2019	+	+	+	+	+	+	+	1,4	6,0	30,0	41,6	20,0	1,0		1,3	5,6	27,9	38,7	18,6	0,9		93
2020		+	+	+	+	+	+		1,4	6,0	30,0	41,6	20,0	1,0	Далее по максимально достаточному уровню							
2021			+	+	+	+	+			1,4	6,0	30,0	41,6	20,0								
2022				+	+	+	+				1,4	6,0	30,0	41,6								
2023					+	+	+					1,4	6,0	30,0								
2024						+	+						1,4	6,0								
2025							+							1,4								

Примечание. Здесь и далее условно принимается, что ежегодные зарыбления водоемов начинаются с 2010 г.

Таблица 6.8 – Ожидаемая эффективность пастбищной аквакультуры Калининградской области

Характеристики	Объекты пастбищной аквакультуры				
	рыбец	щука	лινь	стерлядь	угорь
<i>Куршский залив</i>					
Плотность посадки молоди, шт/га	29,0	20,0	34,0	10,0	28,0
Требуемое количество молоди, тыс. шт	3480,0	12000,0	4080,0	1200,0	3037,5
Размерный состав молоди, г	1-2 осень 5-10 весна	0,001	1-3 осень 5-15 весна	10,0	3-5 35-50
Коэффициент промвозврата, %	3,0	0,1	3,0	4,6	20,0
Промысловый возврат, т	41,8	40,0	61,0	33,0	270,0
<i>Калининградский (Вислинский) залив</i>					
Плотность посадки молоди, шт/га		20,0			25,0
Требуемое количество молоди, тыс. шт		4750,0			1046,0
Размерный состав молоди, г		0,01			3-5 35-50
Коэффициент промвозврата, %		0,1			20,0
Промысловый возврат, т		14,0			93,0
<i>Виштынецкое озеро</i>					
Плотность посадки молоди, шт/га					37,0
Требуемое количество молоди, тыс. шт					66,6
Размерный состав молоди, г					3-5
Коэффициент промвозврата, %					20,0
Промысловый возврат, т					5,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица 7.1 – Данные о формировании ремонтно-маточного стада стерляди

Показатель	Годы								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Возраст	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+
Сумма градусо-дней	3374	5820	5670	6420	5580	5720	5370	5720	5870
Средняя температура воды, °С	18,7	16,0	15,0	17,6	15,2	15,7	14,7	15,7	16,1
Температура воды в период искусственной зимовки, °С	-	4-6	5-7	6-4	6-8	8-10	7-10	8-9	8-9
Продолжительность искусственной зимовки, сут	-	35	28	33	48	58	60	62	59
Средняя масса рыб, г, М±m	164±13	707±34	1180±76	♀1705±134 ♂1650±125	2225±237 1985±178	2450±245 2190±210	2705±259 2383±249	2900±347 2525±236	3040±452 2704±261
Коэффициент массонакопления (КМ)	0,066	0,038	0,018	♀0,016 ♂0,014	0,017 0,008	0,012 0,005	0,012 0,004	0,011 0,003	0,011 0,004
Кормовой коэффициент	1,2	1,57	1,48	1,58	1,80	1,74	1,83	1,92	1,87

Таблица 7.2 – Результаты выращивания посадочного материала стерляди

Показатель	Возраст производителей, год						
	3	4	5	6	7	8	9
<i>Выдерживание предличинок</i>							
Плотность посадки, тыс. шт/м ²	4,5	5,0	5,5	4,8	5,0	5,0	5,0
Выживаемость, %	72,0	88,5	89,0	95,0	62,5	90,5	84,3
Продолжительность, сут	11	10	10	9	9	9	8
Температура воды, °С	13,5	15,5	15,8	16,2	17,0	16,5	17,5
<i>Выращивание до массы 1 г</i>							
Плотность посадки, тыс. шт/м ²	3,3	4,4	4,9	4,6	3,1	4,5	4,2
Выживаемость, %	67,5	65,2	72,0	58,2	80,9	75,2	70,2
Продолжительность, сут	35	27	25	21	22	22	23
Температура воды, °С	15-21	17-21	17-22	18-21	18,5-22	18-21	19-22
Водообмен, раз/ч	1	1	1	1	1	1	1
Уровень воды, м	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
Км	0,064	0,083	0,09	0,107	0,102	0,102	0,098
Кормовой коэффициент	1,4	1,25	1,28	1,18	1,2	1,12	1,25
<i>Выращивание до массы 20 г</i>							
Плотность посадки, тыс. шт/м ²	1,2	0,8	1,2	1,0	1,5	1,2	0,95
Выживаемость, %	70,5	89,0	80,5	92,8	81,5	78,4	90,5
Продолжительность, сутки	58	41	43	39	49	52	40
Температура воды, °С	21-23	20,5-23,5	21-23	22-24	20,8-23,8	20,5-24,0	21,0-25,0
Водообмен, раз/ч	1	1	1	1	1	1	1
Уровень воды, м	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6
Км	0,089	0,126	0,12	0,132	0,105	0,099	0,129
Кормовой коэффициент	1,25	0,89	0,95	0,97	0,108	1,08	0,94

Таблица 7.3 – Рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания стерляди в УЗВ

Показатели	Единица измерения	Норма
Разведение стерляди		
Оптимальная температура воды для производителей в период нагула искусственной зимовки нереста	°С	20-25 4-10 12-15
Оптимальное содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 6,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 60,0
Возраст созревания производителей	мес	30-36
Масса производителей	кг	1,5-3,0
Рабочая плодовитость самок	тыс.шт. икринок	20-50
Соотношение самцов и самок в маточном стаде		1: 2-3
Кратность созревания самок		ежегодно
Продолжительность эксплуатации производителей	мес	48-60
Инкубация икры		
Оптимальная температура воды	°С	12-16
Содержание кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание нитритов нитратов	мг/л	до 0,1 до 30
Количество спермы, используемое для осеменения икры	мл/л	5-10
Соотношение самцов и самок при осемени икры		3 : 1
Концентрация анестетика при обездвиживании производителей (гвоздичное масло – прописцин)	мл/л воды	0,07
Время обездвиживания	мин	15 – 30
Время возвращения подвижности в проточной воде	мин	2-5

Продолжение таблицы 7.3

Продолжительность работы с производителями на воздухе	мин	до 15
Норма закладки икры в аппарат Вейса (Макдональдса)	тыс.шт	10 – 15
Продолжительность инкубации икры	сут	5 – 8
Процент оплодотворения икры	%	80
Процент выхода предличинок с инкубации	%	70 – 80
Выращивание мальков массой 1 г		
Оптимальная температура воды при: выдерживании предличинок подращивании личинок выращивании личинок	°С	13-17 15-18 18-22
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарно аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 50
Продолжительность выращивания	сут	30 – 45
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	5,0
Уровень воды в бассейнах	м	0,2-0,3
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	50 – 70
Кратность кормления	раз/сут	24-48
Размер частиц стартового корма	мм	0,05-0,2
Суточная доза корма	% от массы рыб	10 – 20
Количество дней кормления науплиями артемии	дни	7 – 10
Суточная доза живого корма	% от массы рыб	50-100
Продолжительность перехода на сухой стартовый корм	сут	5 – 7
Кормовой коэффициент		до 1,2
Выращивание молоди до массы 20 г		
Оптимальная температура воды	°С	20 – 25
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 6,0

Продолжение таблицы 7.3

Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 60
Продолжительность выращивания	сут	40 – 50
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	1,0-1,2
Уровень воды в бассейнах	м	0,4-0,6
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	80
Кратность кормления	раз/сут	6 – 8
Размет частиц стартового корма	мм	1 – 1,5
Суточная доза корма	% от массы тела	6 – 8
Кормовой коэффициент		до 1,0
Выращивание молоди до 300 – 500 г		
Оптимальная температура воды	°С	20 – 25
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 6,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 100
Продолжительность выращивания	сут	130-150
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	0,12-0,15
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	80
Кратность кормления	раз/сут	2-3
Размер частиц стартового корма	мм	2-4,5
Суточная доза корма	% от массы рыб	2-5
Кормовой коэффициент		до 1,2

Окончание таблицы 7.3

Выращивание товарной рыбы до 800 – 1000 г		
Оптимальная температура воды	°С	20-25
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 6,0
Величина водородного показателя	рН	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 100
Продолжительность выращивания	сут	180-200
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	0,07-0,08
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	1
Размер частиц стартового корма	мм	6-8
Суточная доза корма	% от массы рыб	0,7-1
Кормовой коэффициент		до 1,5

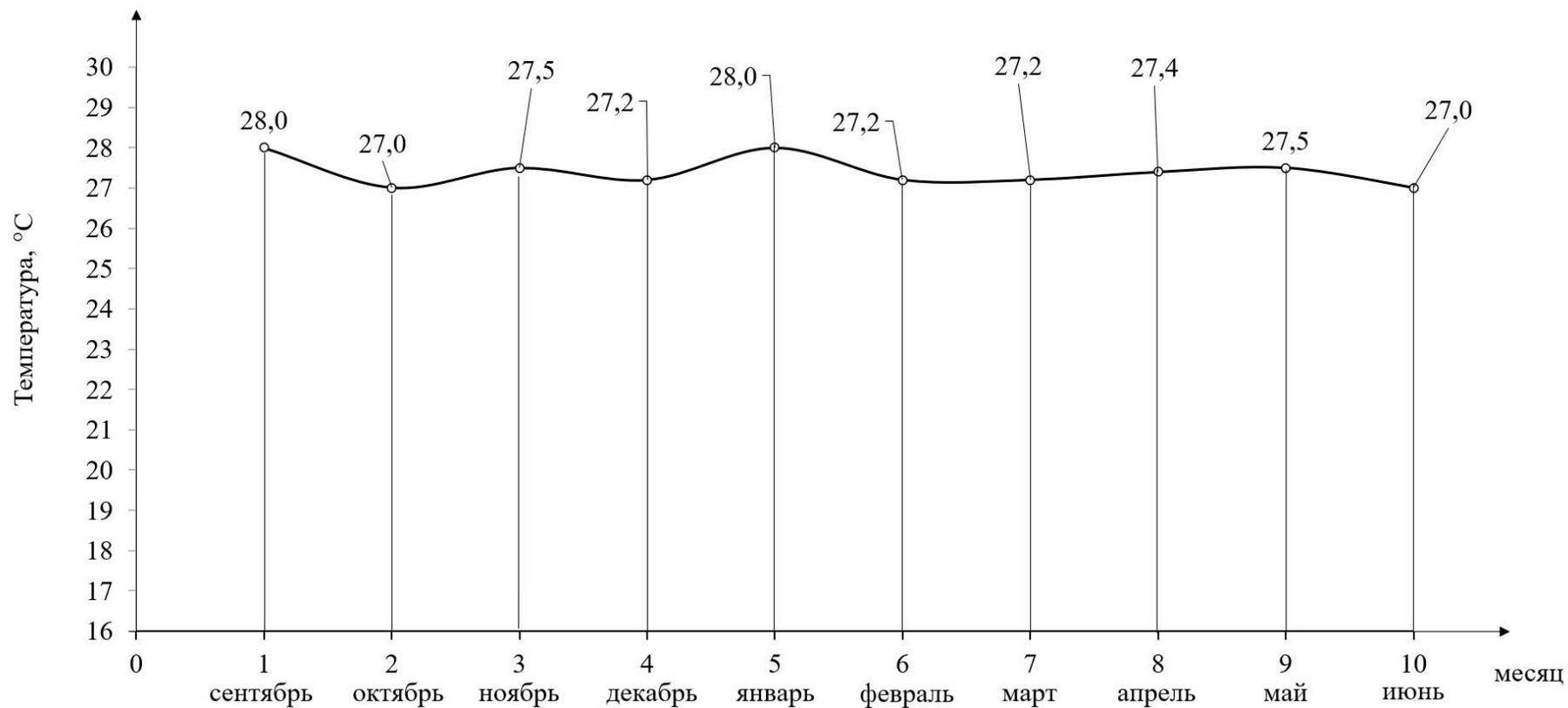


Рисунок 7.1 – Изменение температуры воды в период выращивания ремонтно-маточного стада клариевого сома

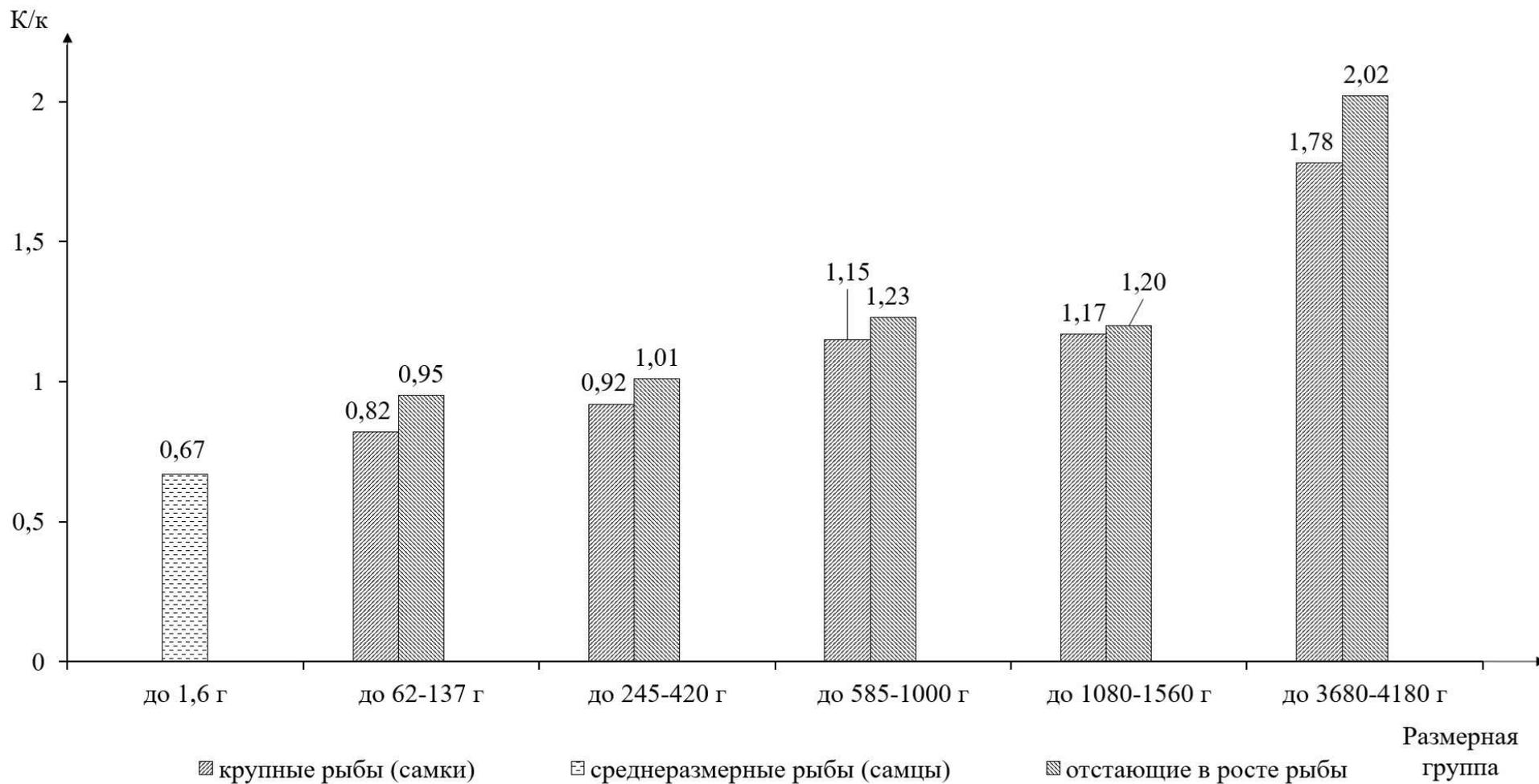


Рисунок 7.2 – Изменение величины кормового коэффициента при выращивании ремонтно-маточного стада сома по первому варианту

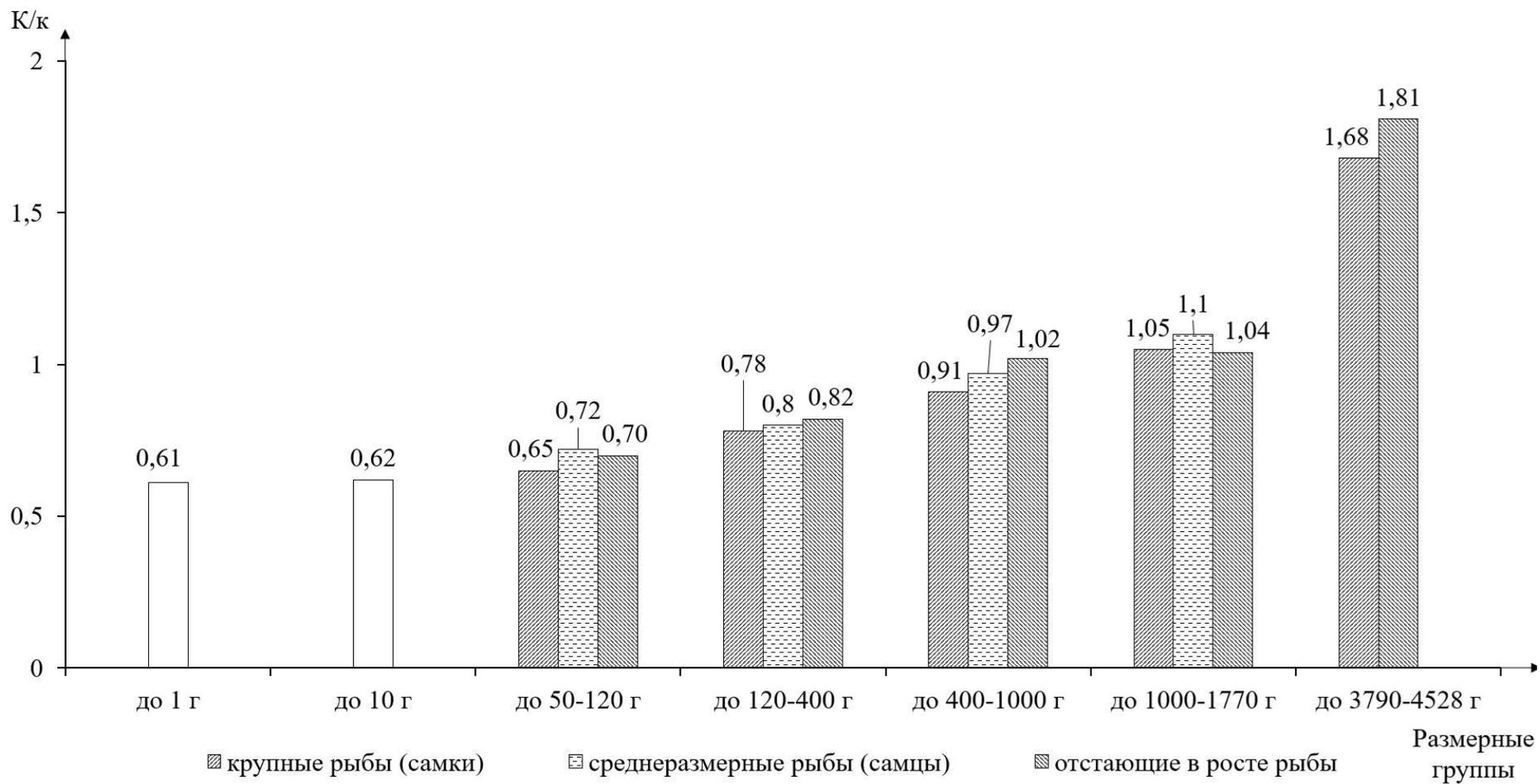


Рисунок 7.3 - Изменение величины кормового коэффициента при выращивании ремонтно-маточного стада сома по второму варианту

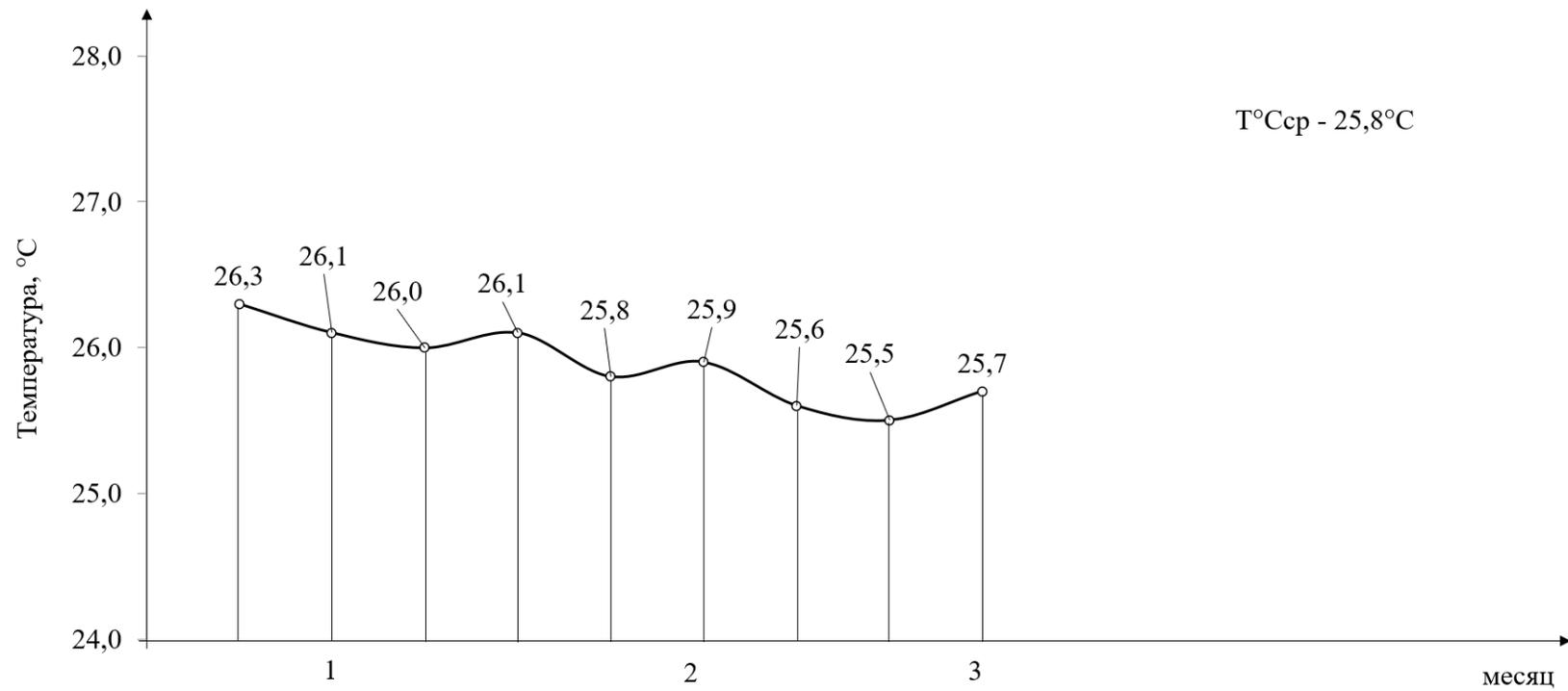


Рисунок 7.4 – Изменение температуры воды при выращивании посадочного материала клариевого сома

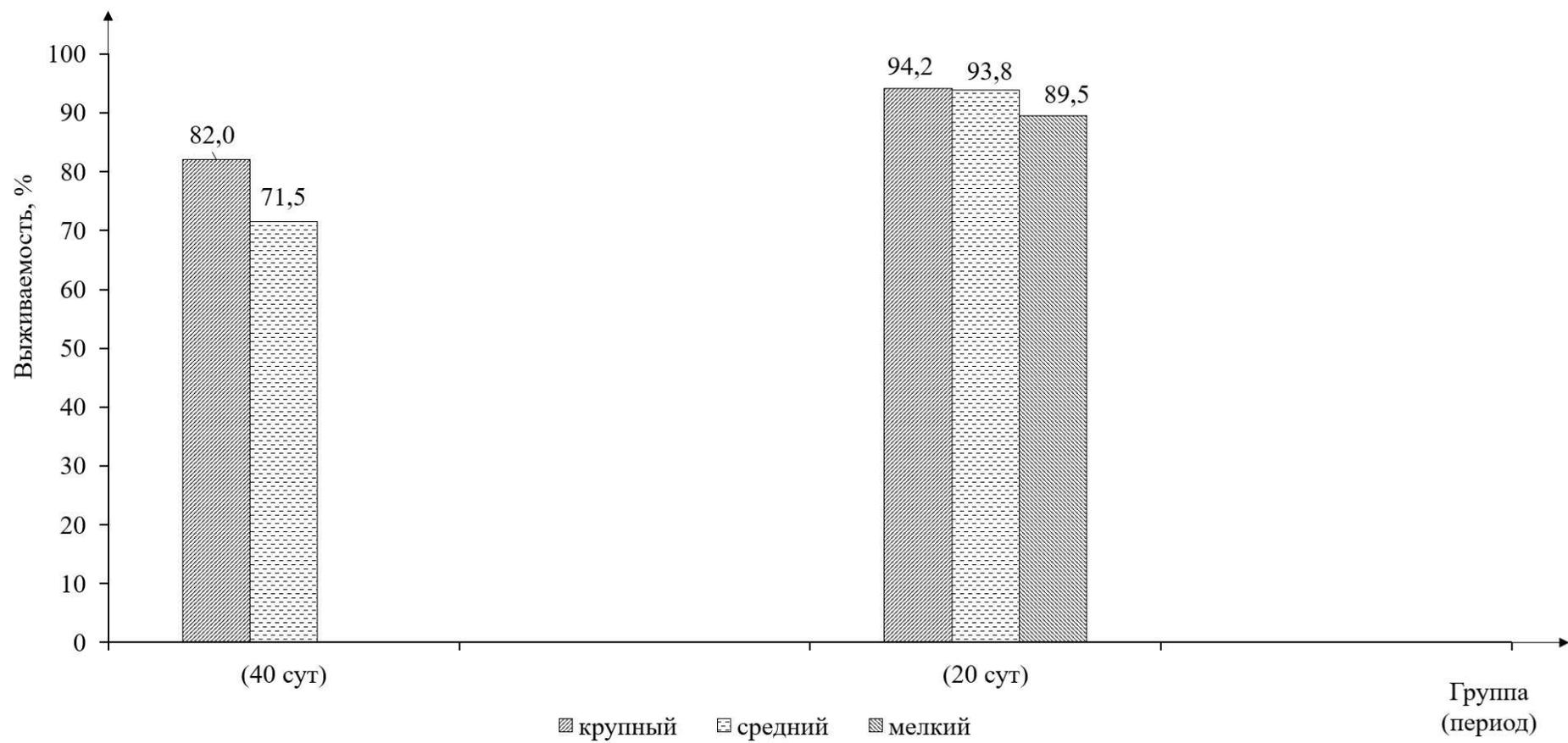


Рисунок 7.6 – Выживаемость посадочного материала сома

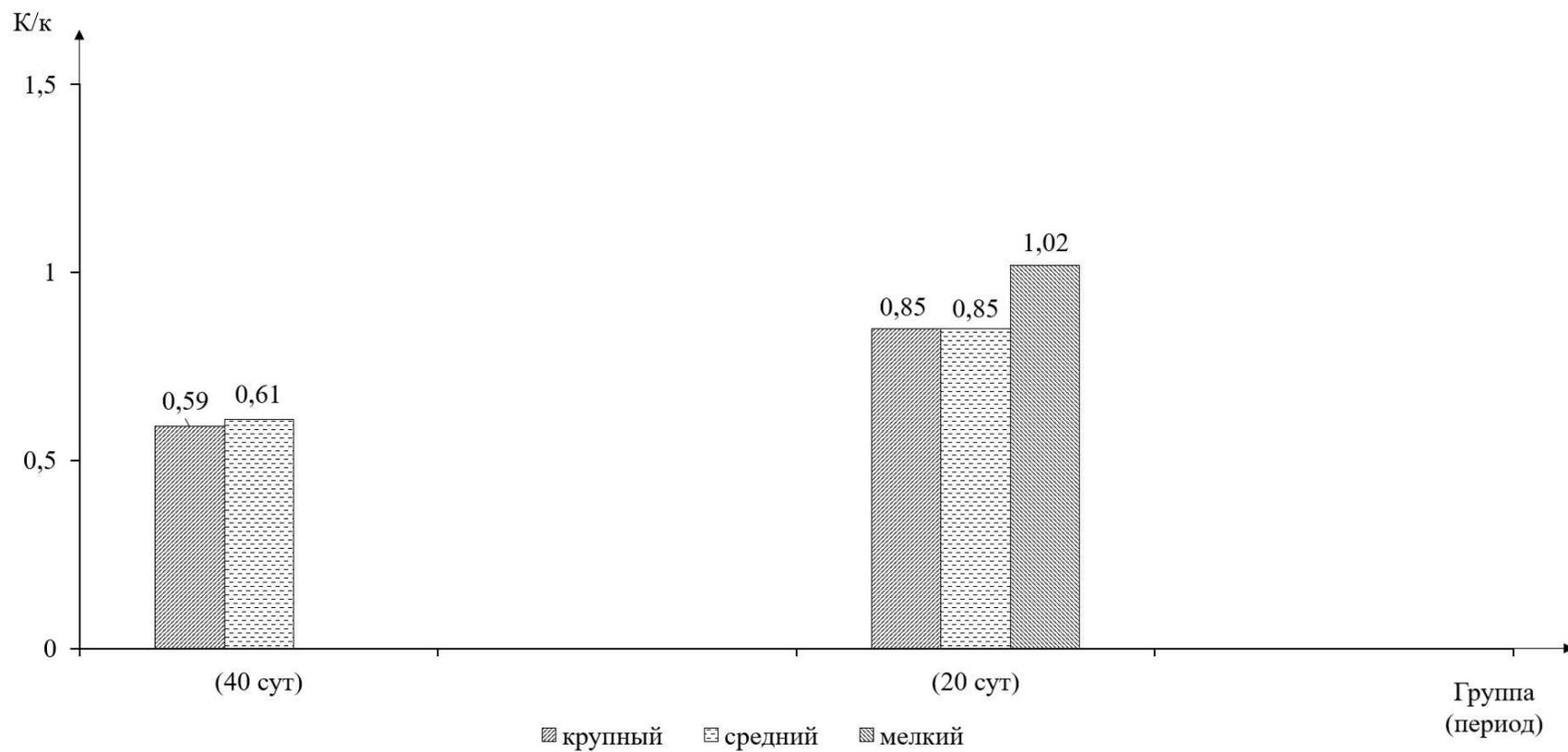


Рисунок 7.7 – Изменение величины кормового коэффициента при выращивании посадочного материала клариевого сома

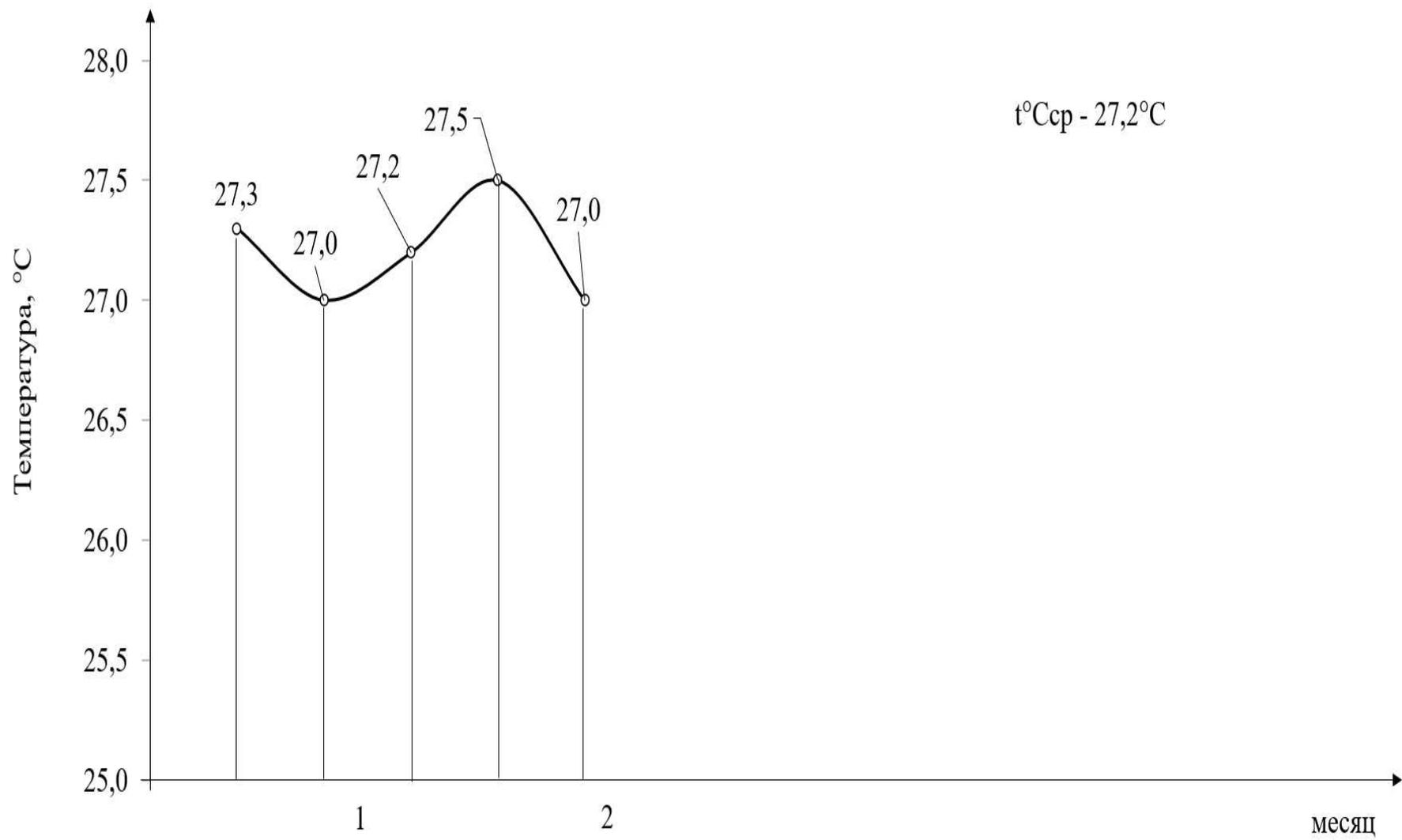


Рисунок 7.8 – Изменение температуры воды при выращивании посадочного материала сома

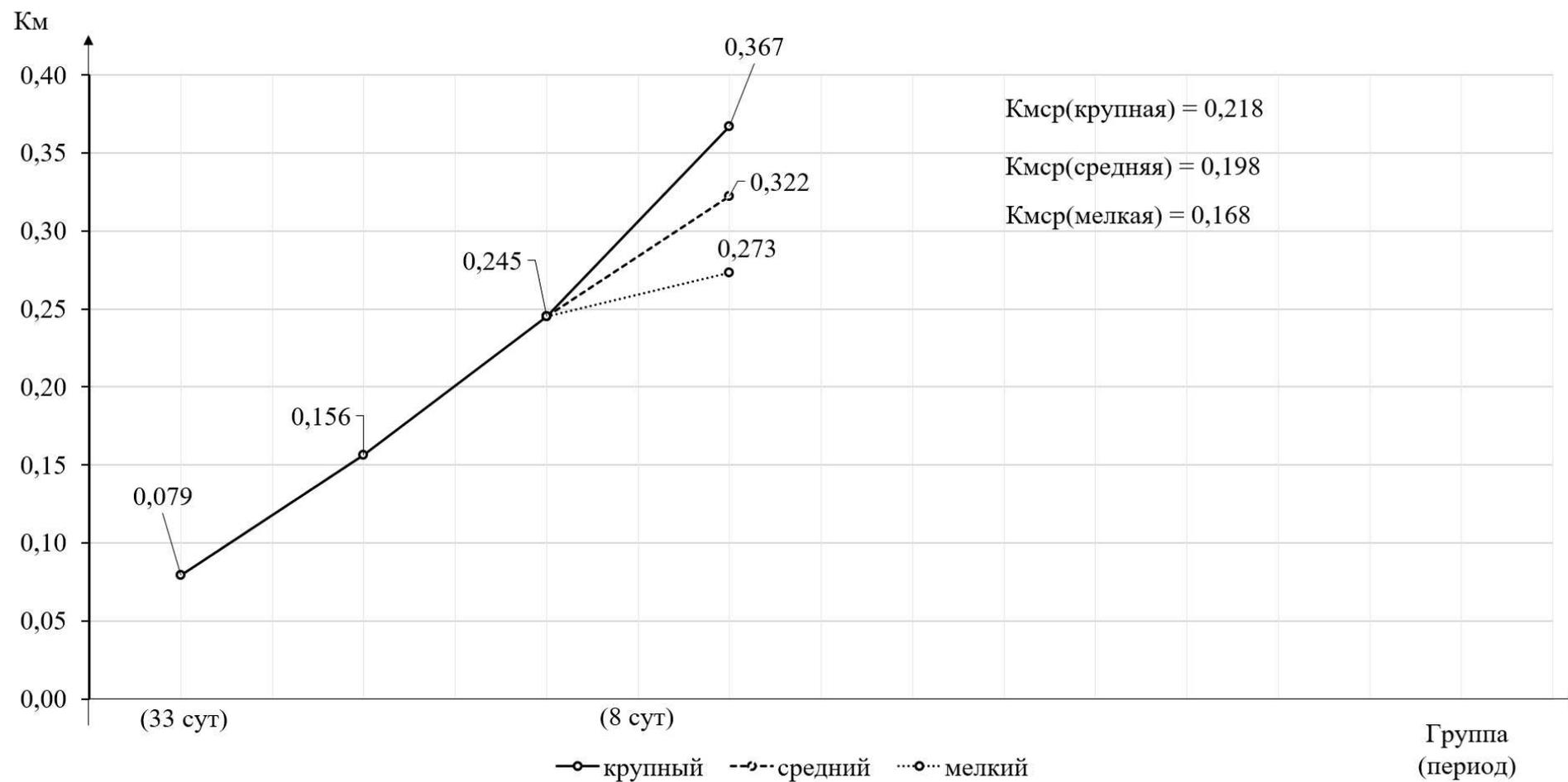


Рисунок 7.9 – Изменение величины коэффициента массонакопления у молоди сома

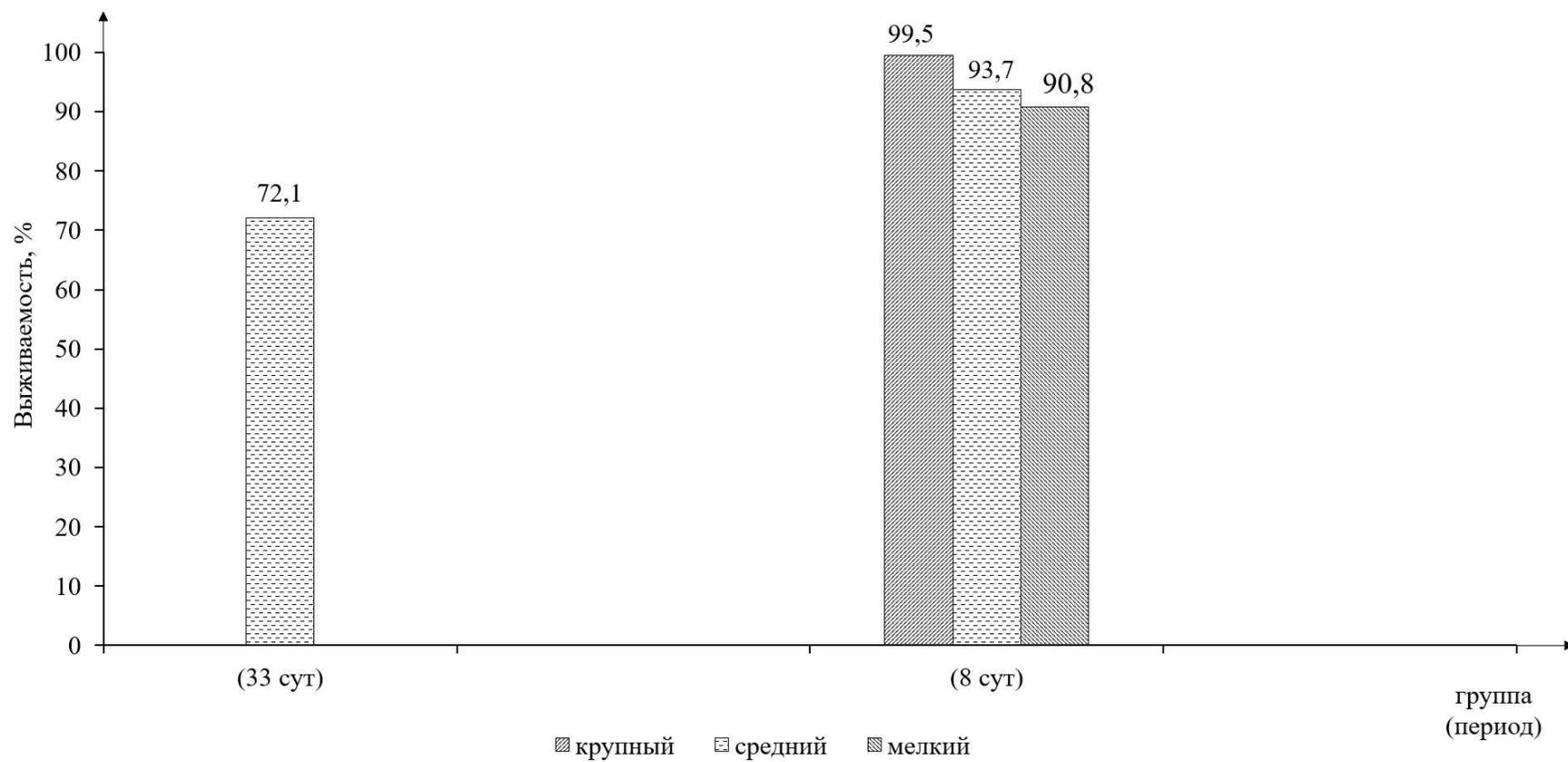


Рисунок 7.10 – Выживаемость посадочного материала сома

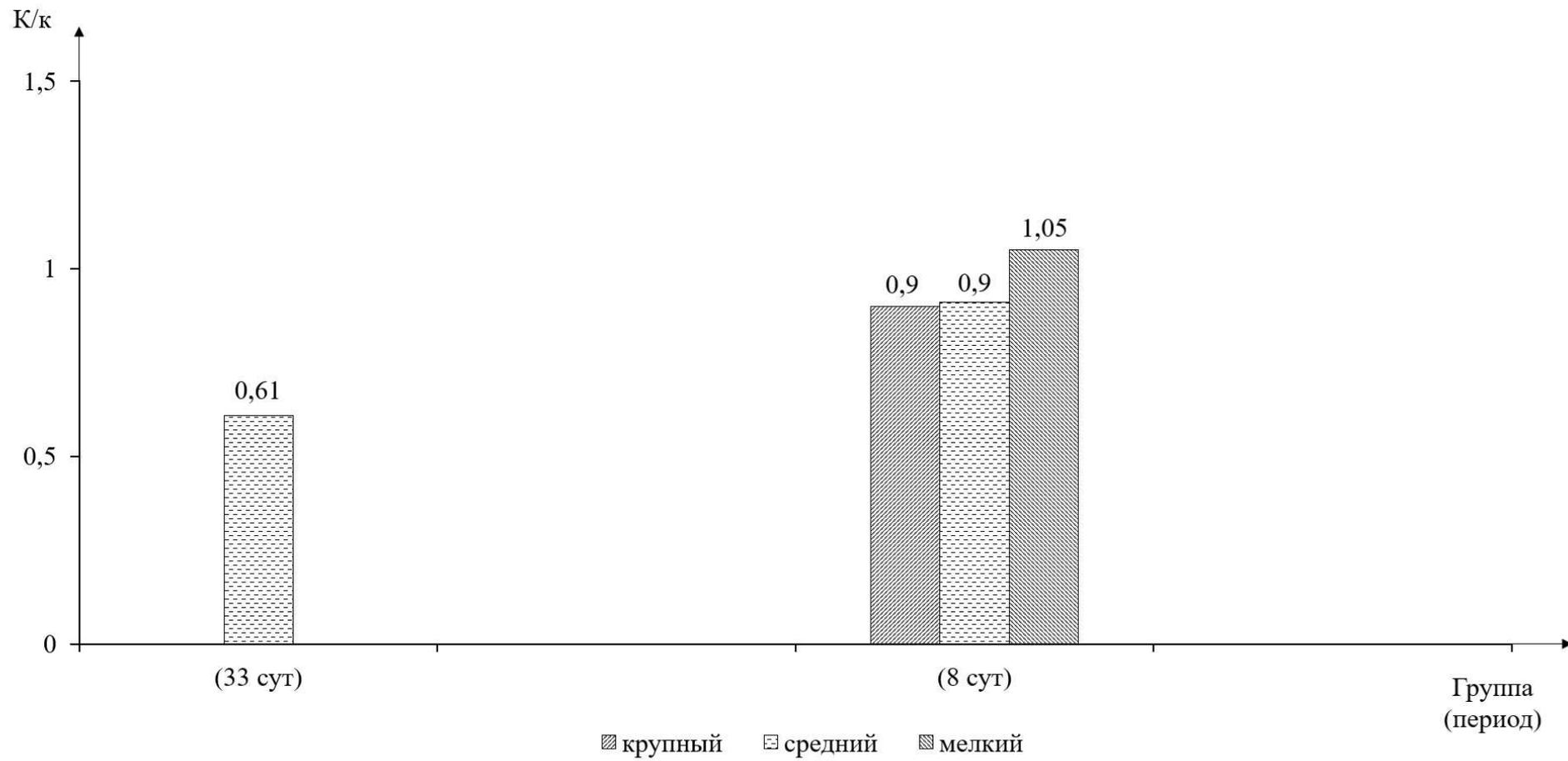


Рисунок 7.11 – Изменение величины кормового коэффициента при выращивании посадочного материала клариевого сома

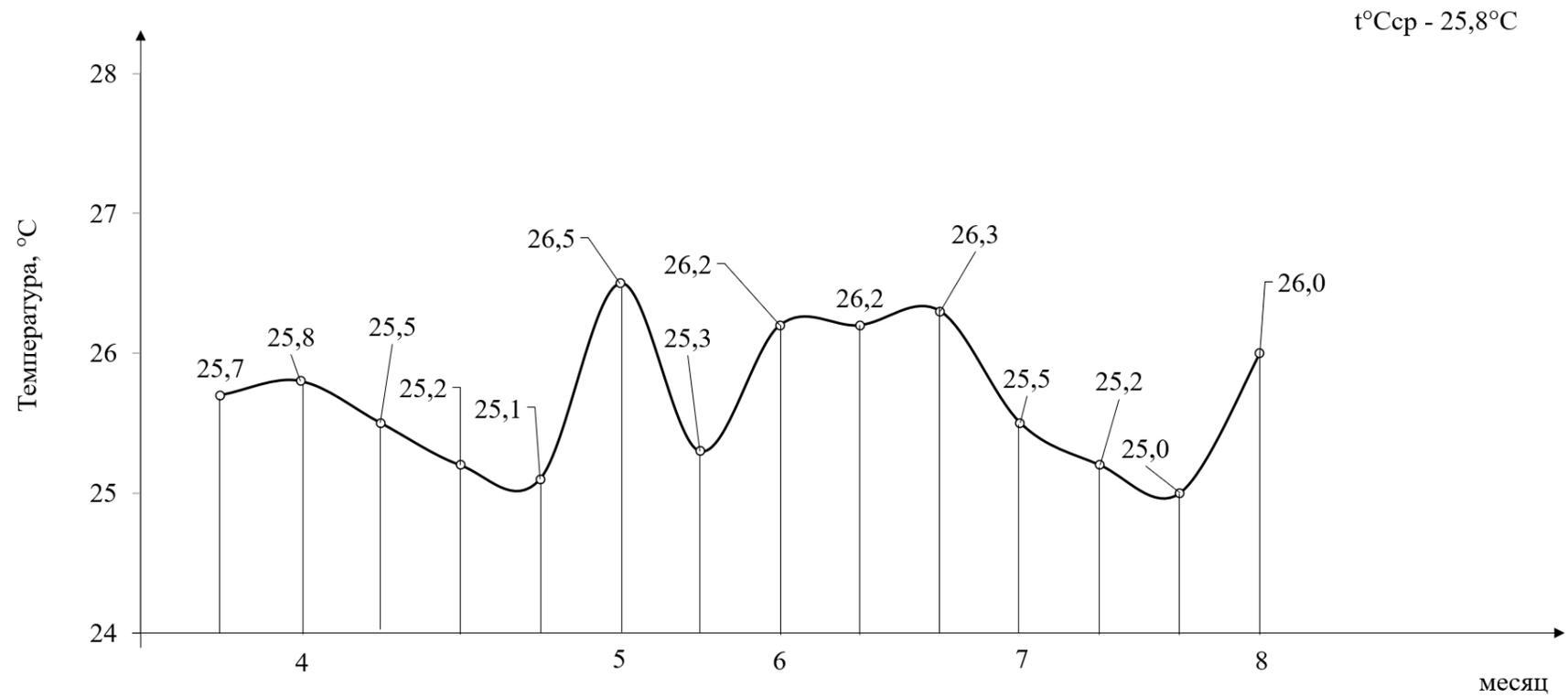


Рисунок 7.12 – Изменение температуры воды при выращивании товарного сома

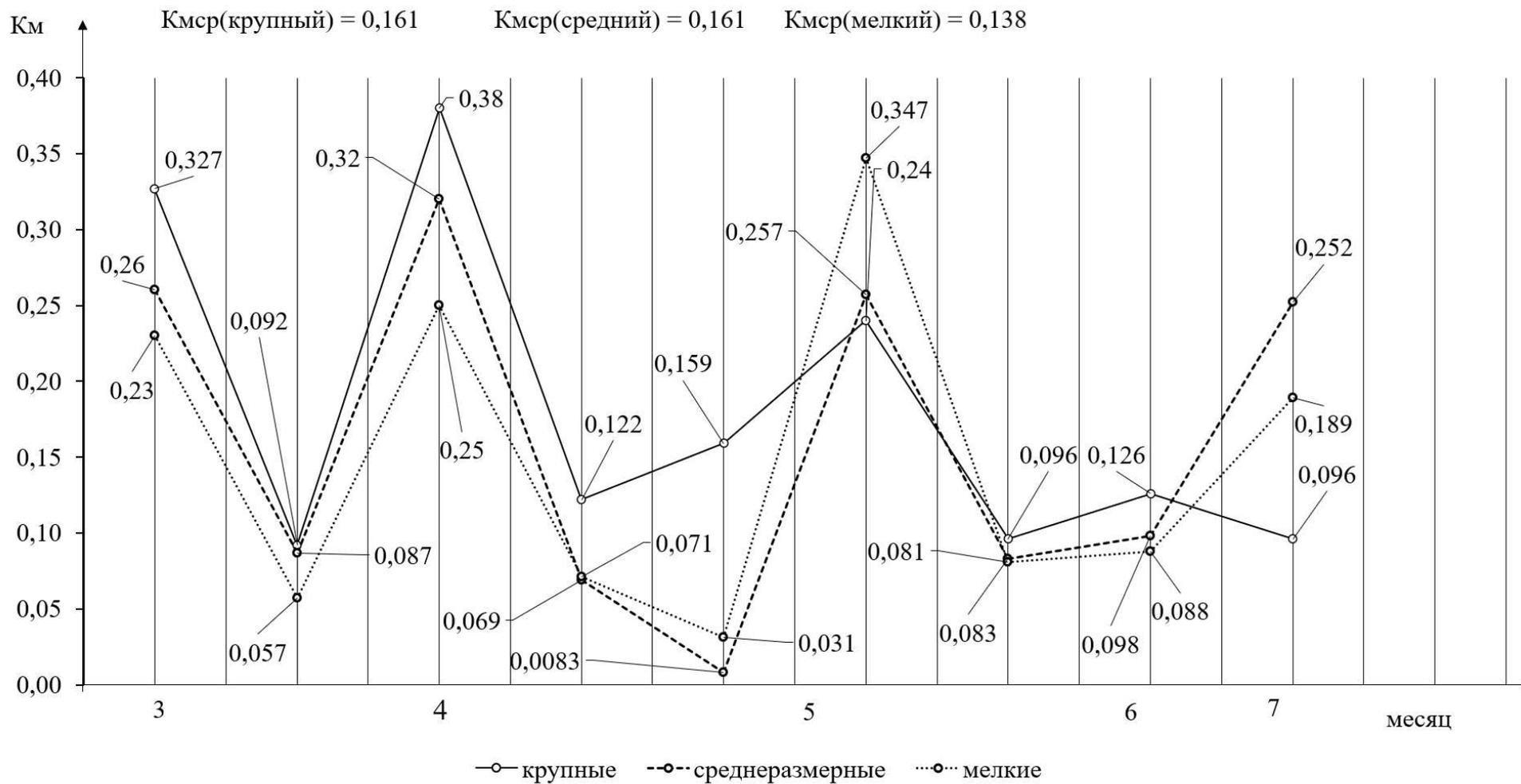


Рисунок 7.13 – Изменение коэффициента массонакопления при выращивании товарного сома

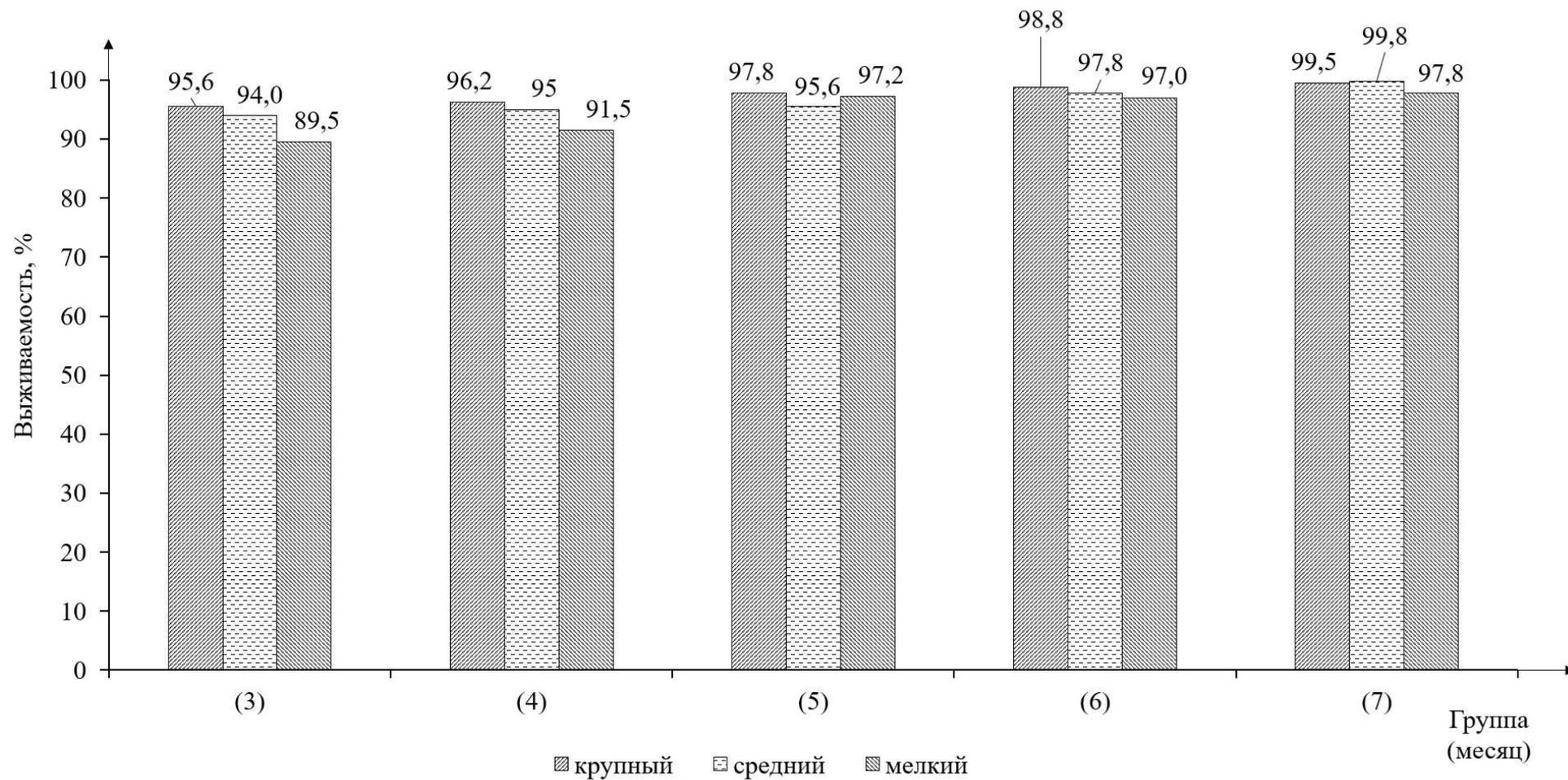


Рисунок 7.14 – Выживаемость товарного сома

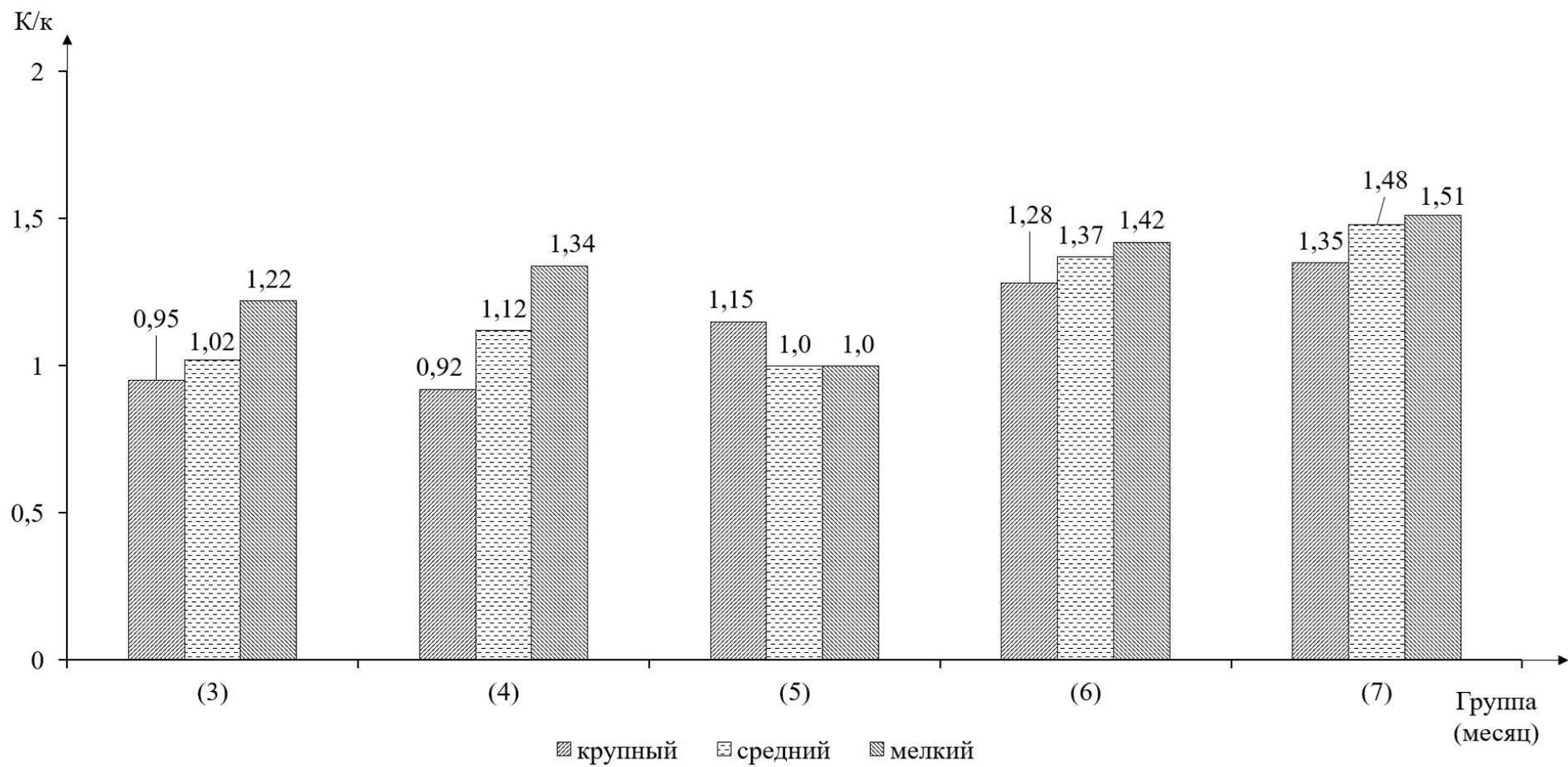


Рисунок 7.15 – Изменение величины кормового коэффициента при выращивании товарного сома

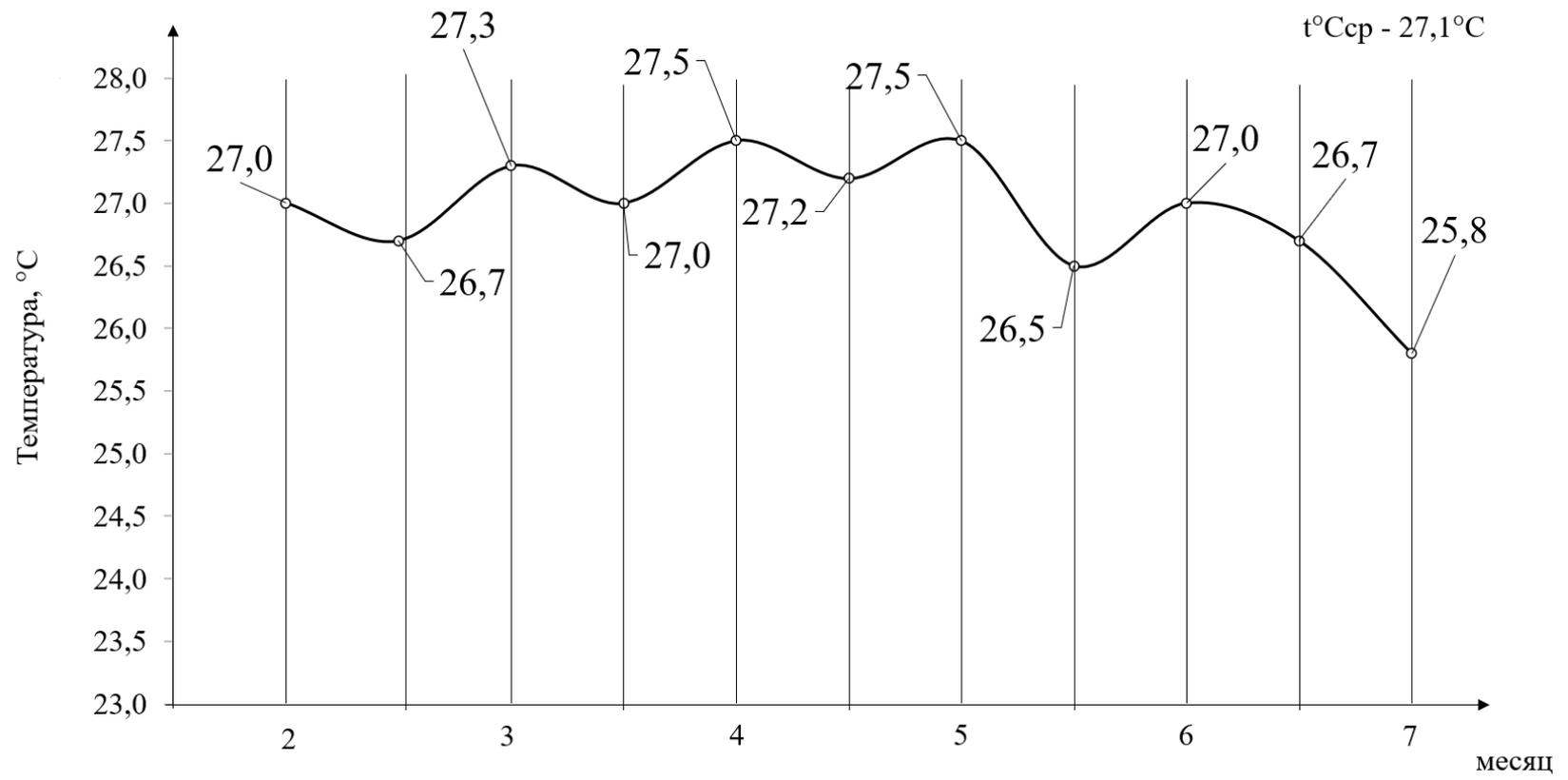


Рисунок 7.16 – Изменение температуры воды при выращивании товарного сома

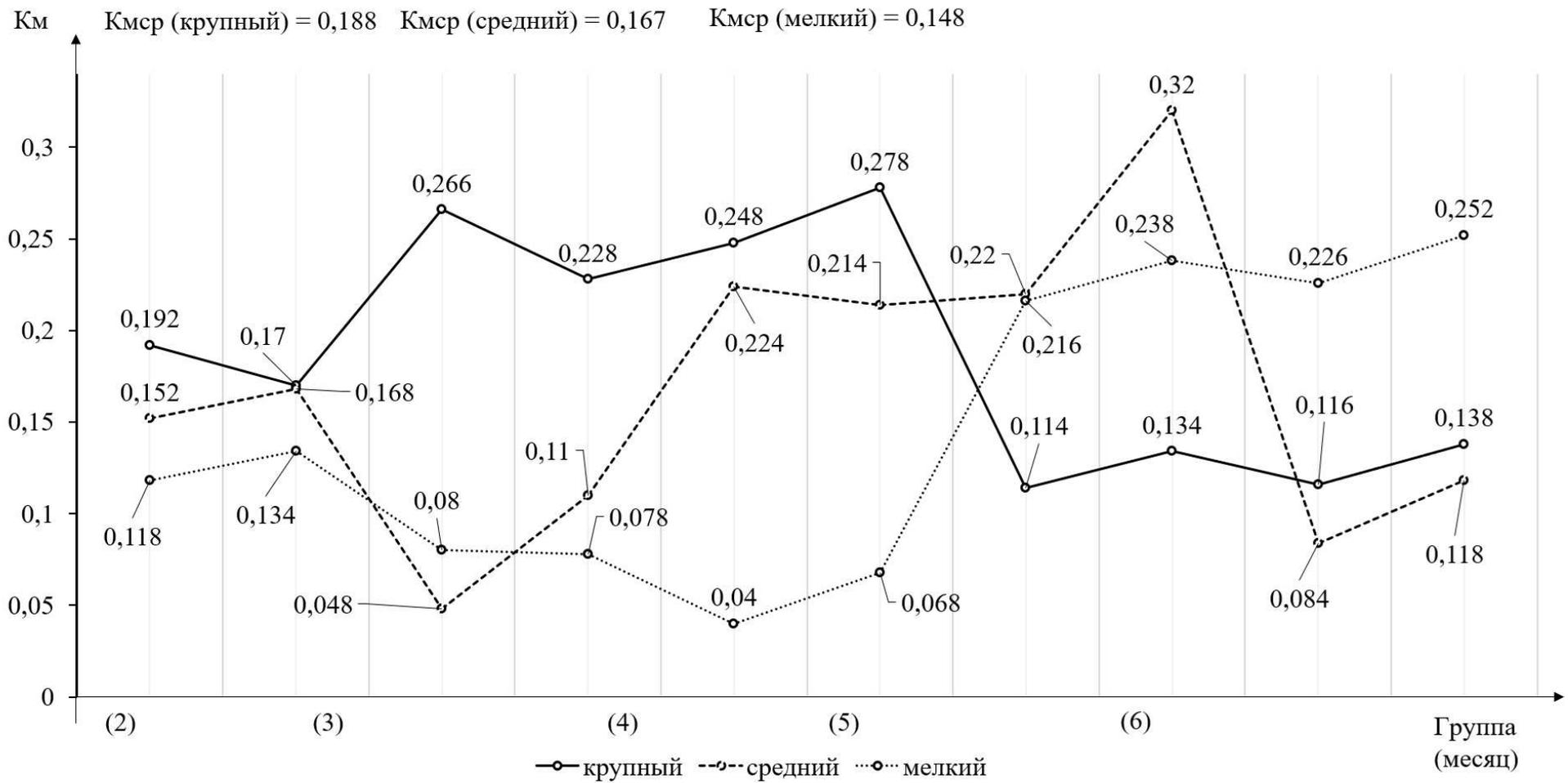


Рисунок 7.17 – Изменение коэффициента массонакопления при выращивании товарного сома

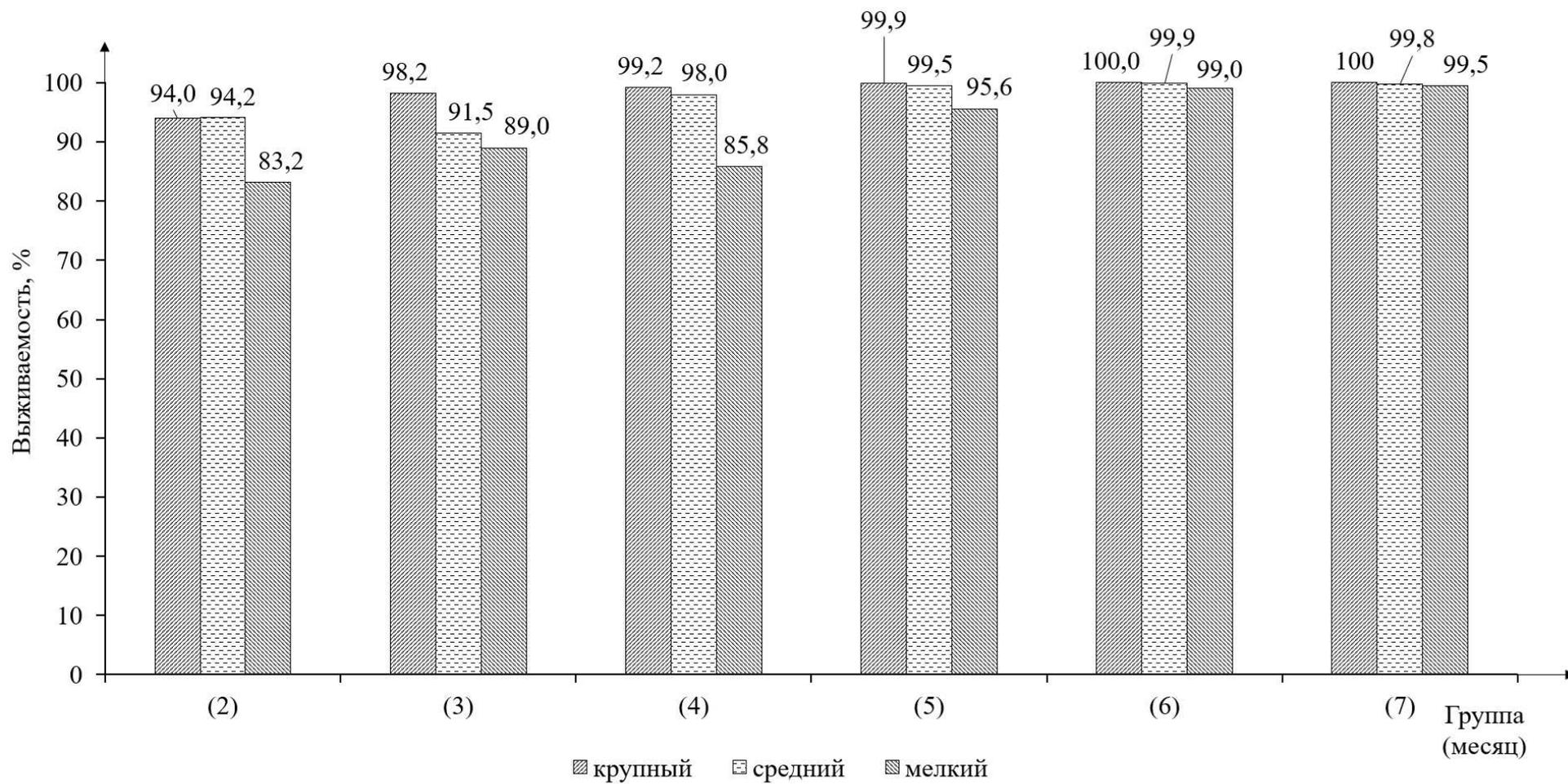


Рисунок 7.18 – Выживаемость товарного сома

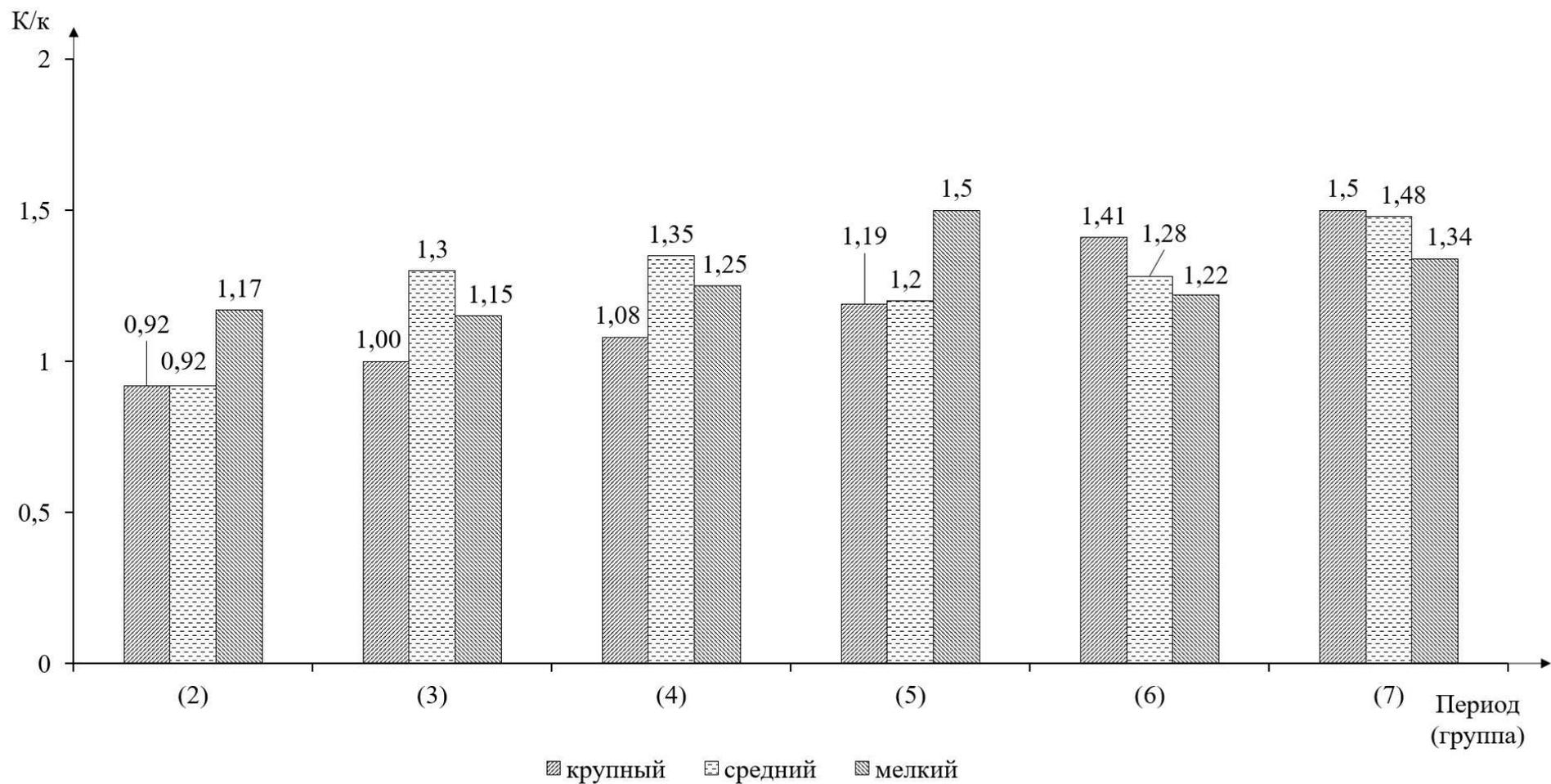


Рисунок 7.19 – Изменение величины кормового коэффициента при выращивании товарного сома

Таблица 7.4 – Рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания клариевого сома в УЗВ

Показатели	Единица измерения	Норма
Разведение сома		
Оптимальная температура воды для производителей в период нагула преднерестового содержания	°С	27-29 26-28
Допустимая температура для производителей в период нагула преднерестового содержания	°С	23-26 22-25
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 2,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-8,0
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	5-10 до 2,0 до 500- 1000
Возраст созревания производителей	мес	9-14
Возраст начала использования производителей для получения потомства	мес	14-18
Масса производителей	кг	2-7
Рабочая плодовитость самок	тыс.шт. икринок	200-600
Соотношение самцов и самок в маточном стаде		2:1
Продолжительность эксплуатации самок	мес	24-36
Инкубация икры		
Оптимальная температура воды	°С	26-28
Содержание кислорода	мг/л	не менее 6,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-8,0
Содержание нитритов нитратов	мг/л	до 0,1 до 50
Количество спермы, используемое для осеменения икры	мл/л	до 10,0
Соотношение самок и самцов при осеменении икры (извлекаются 2 семенника)		1 : 2
Концентрация анестетика при обездвиживании производителей (гвоздичное масло – прописцин)	мл/л воды	0,08-0,1
Время обездвиживания	мин	20-40
Время возвращения подвижности в проточной воде	мин	10-30
Продолжительность работы с производителями на воздухе	мин	10-20
Норма закладки икры в аппарат Вейса	<u>тыс.шт.</u> тыс.шт	<u>500-800</u> 500-800
Продолжительность инкубации икры при температуре 26-28 ⁰ С	ч	24-30
Процент оплодотворения икры	%	70-80
Процент выхода предличинок с инкубации	%	50-80

Продолжение таблицы 7.4

Выдерживание предличинок и подращивание личинок до массы 50 мг		
Оптимальная температура воды	°С	26-28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 6,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 60
Продолжительность подращивания	сут	7-15
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	80
Уровень воды в бассейнах	м	0,2-0,3
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	70-80
Кратность кормления	раз/сут	24
Размер частиц стартового корма	мм	0,05-0,2
Суточная доза корма	% от массы рыб	8-30
Количество дней кормления науплиями артемии	сут	не менее 20
Суточная доза живого корма	% от массы рыб	50-100
Продолжительность перехода на сухой стартовый корм	сут	2-3
Кормовой коэффициент		до 1,5
Выращивание личинок до массы 1 г		
Оптимальная температура воды	°С	27-29
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 6,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 60
Продолжительность выращивания	сут	15-20
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	10-40
Уровень воды в бассейнах	м	0,4
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	60-80
Кратность кормления	раз/сут	16-24
Размер частиц стартового корма	мм	0,2-0,6
Суточная доза корма	% от массы тела	15-20
Кормовой коэффициент		0,6-0,7
Выращивание молоди до 30 г		
Оптимальная температура воды	°С	26-28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 2,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,5 до 0,5 до 200

Продолжение таблицы 7.4

Продолжительность выращивания	сут	30-40
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	5-7
Уровень воды в бассейнах	м	0,8
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	50-70
Кратность кормления	раз/сут	8-12
Размер частиц стартового корма	мм	1-2
Суточная доза корма	% от массы рыб	8-10
Кормовой коэффициент		0,7
Выращивание товарной рыбы до 500 г		
Оптимальная температура воды	°С	26-28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 2,0
Величина водородного показателя	рН	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 4,0 до 2,0 до 500
Продолжительность выращивания	сут	45-60
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	1,0-1,2
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	70-80
Кратность кормления	раз/сут	3-4
Размер частиц стартового корма	мм	3
Суточная доза корма	% от массы рыб	2,5-3,0
Кормовой коэффициент		0,8
Выращивание товарного сома до массы 1000 г		
Оптимальная температура воды	°С	26-28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 2,0
Величина водородного показателя	рН	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 10,0 до 2,0 до 1000
Продолжительность выращивания	сут	30-40
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	0,4-0,5
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	2
Размер частиц производственного корма	мм	3-4(6)
Суточная доза корма	% от массы рыб	1,0-1,5
Кормовой коэффициент		1
Выращивание товарного сома до массы 2000 г		
Оптимальная температура воды	°С	26-28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	не менее 2,0

Окончание таблицы 7.4

Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 10,0 до 2,0 до 1000
Продолжительность выращивания	сут	45-60
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	0,2-0,3
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	95-99
Кратность кормления	раз/сут	1
Размер частиц производственного корма	мм	4-6
Суточная доза корма	% от массы рыб	0,5-0,6
Кормовой коэффициент		1,2

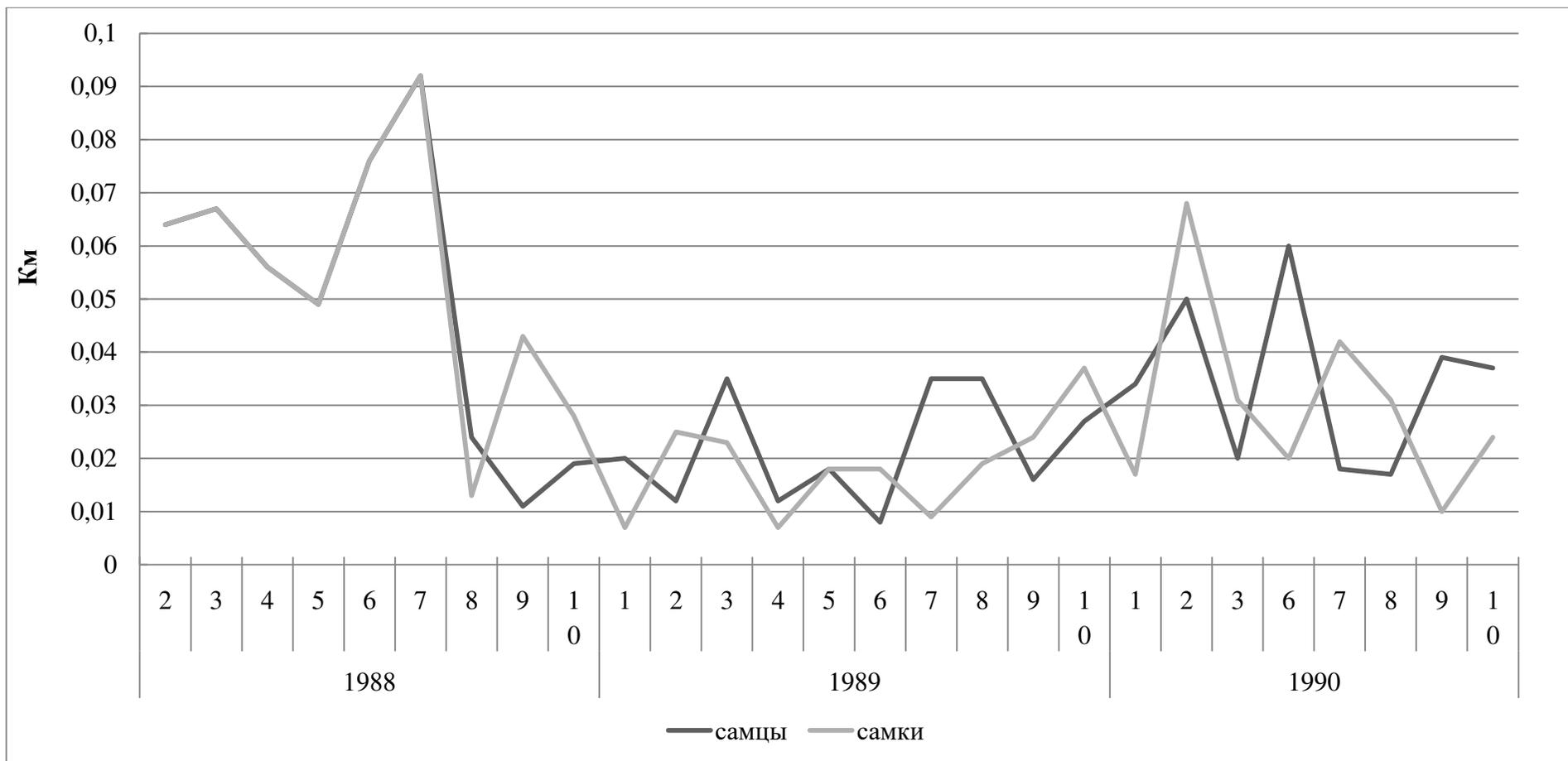


Рисунок 7.20 – Изменение величины коэффициента массонакопления при выращивании ремонтно-маточного стада канального сома в УЗВ

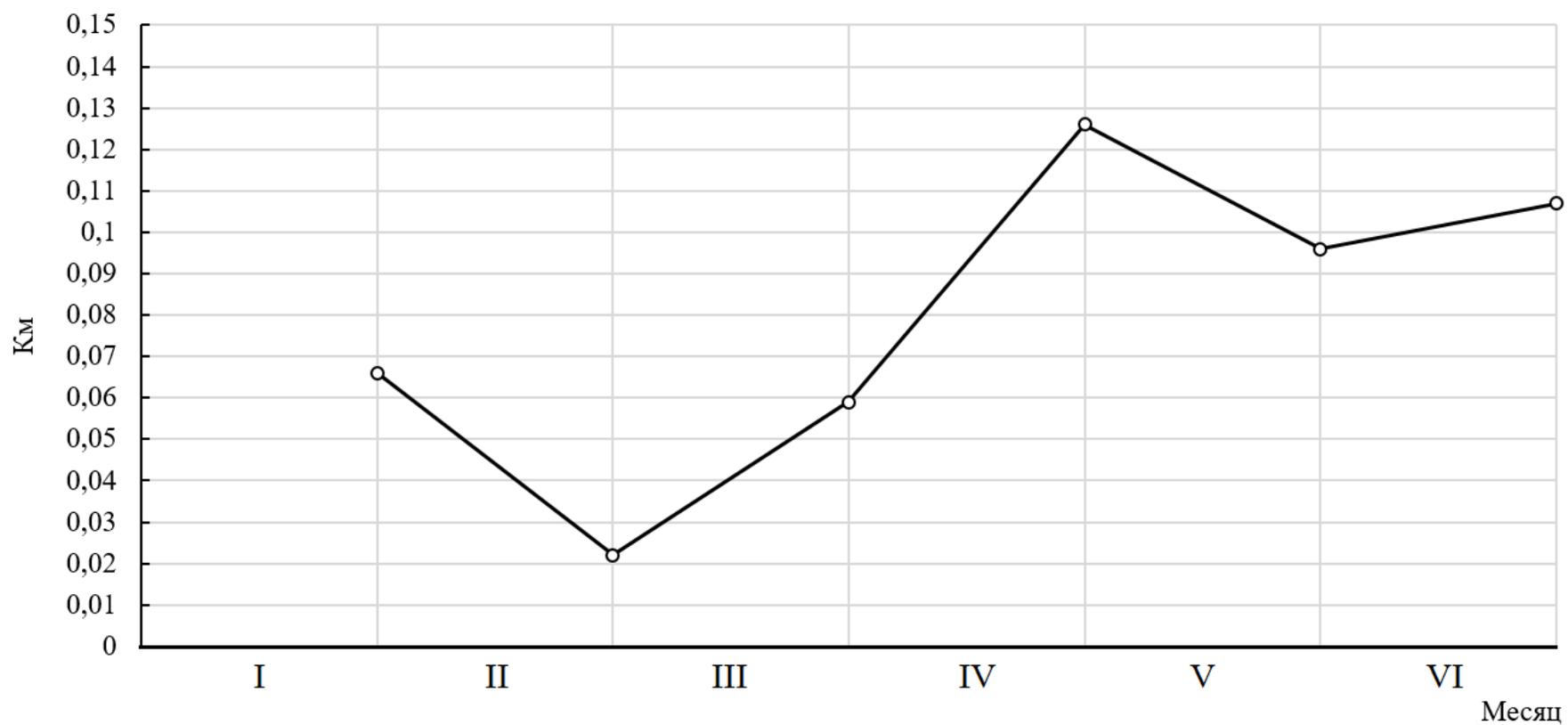


Рисунок 7.21 - Изменение величины коэффициента массонакопления при выращивании товарного канального сома

Таблица 7.5 – Рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания канального сома в УЗВ

Показатели	Единица измерения	Норма
Разведение сома		
Оптимальная температура воды для производителей в период: нагула нерестового содержания зимовки	искусственной °С	27-29 25-27 18
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	рН	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 60
Возраст созревания производителей	мес	18 – 26
Возраст начала использования производителей для получения потомства	мес	18 – 26
Масса производителей	кг	1 – 5 (7)
Рабочая плодовитость самок	тыс.шт. икринок	4 – 15
Соотношение самцов и самок в маточном стаде		1(2) : 1
Продолжительность эксплуатации самок	лет	2 – 3
Инкубация икры		
Оптимальная температура воды	°С	25 – 27
Содержание кислорода	мг/л	не менее 7,0
Величина водородного показателя	рН	6,5 – 7,5
Содержание: нитритов нитратов	мг/л	до 0,1 до 50
Количество спермы, используемое для осеменения икры	мл/л	3 – 5
Соотношение самок и самцов при осеменении икры (извлекаются 2 семенника)		1 : 1
Концентрация анестетика при обездвиживании производителей (гвоздичное масло – прописцин)	мл/л воды	0,04
Время обездвиживания	мин	10 – 20
Время возвращения подвижности в проточной воде	мин	3 – 5
Продолжительность работы с производителями на воздухе	мин	до 10
Норма закладки икры в - вертикальные аппараты Вейса (Макдональдса) - горизонтальные аппараты	тыс.шт тыс.шт/м ²	до 10 – 20 до 5 – 10
Продолжительность инкубации икры при температуре 25-27°С	сут	4 – 5
Процент оплодотворения икры	%	50 – 75
Процент выхода предличинок с инкубации	%	50 – 75
Выдерживание личинок до массы 100 мг		
Оптимальная температура воды	°С	25 – 28

Продолжение таблицы 7.5

Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,1 до 50
Продолжительность подращивания	сут	5 – 7
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	80
Уровень воды в бассейнах	м	0,2-0,3
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	80
Кратность кормления	раз/сут	24 – 48
Размер частиц стартового корма	мм	0,05-0,2
Суточная доза корма	% от массы рыб	5 – 25
Количество дней кормления науплиями артемии	дни	5 – 7
Суточная доза живого корма	% от массы рыб	50-100
Продолжительность перехода на сухой стартовый корм	сут	3 – 5
Кормовой коэффициент		до 1,5
Выращивание личинок до массы 200 мг		
Оптимальная температура воды	°С	26 – 28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,1 до 50
Продолжительность выращивания	сут	5 – 7
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	40
Уровень воды в бассейнах	м	0,3
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	24 – 48
Размер частиц стартового корма	мм	0,2-0,4
Суточная доза корма	% от массы тела	15-20
Кормовой коэффициент		1,0
Выращивание мальков до массы 1 г		
Оптимальная температура воды	°С	26 – 28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 50

Продолжение таблицы 7.5

Продолжительность выращивания	сут	30
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	20
Уровень воды в бассейнах	м	0,4
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	16 – 24
Размер частиц стартового корма	мм	0,4 – 0,6
Суточная доза корма	% от массы рыб	10 – 15
Кормовой коэффициент		1,0
Выращивание мальков до массы 5 – 7 г		
Оптимальная температура воды	°С	26 – 28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 60
Продолжительность выращивания	сут	40 – 45
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	10 – 20
Уровень воды в бассейнах	м	0,4 – 0,6
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	
Кратность кормления	раз/сут	8 – 12
Размер частиц стартового корма	мм	0,6 – 1,0
Суточная доза корма	% от массы рыб	8 – 10
Кормовой коэффициент		1,0
Выращивание посадочного материала до массы 30 г		
Оптимальная температура воды	°С	26 – 28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,75 до 0,2 до 60
Продолжительность выращивания	сут	40 – 45
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	1 – 5
Уровень воды в бассейнах	м	0,6 – 0,8
Водообмен	раз/час	1
Выживаемость	%	80 – 90
Кратность кормления	раз/сут	6 – 8
Размер частиц продукционного корма	мм	1 – 2
Суточная доза корма	% от массы рыб	5 – 6
Кормовой коэффициент		1,0
Выращивание товарного сома до массы 450 – 500 г		

Окончание таблицы 7.5

Оптимальная температура воды	°С	26 – 28
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 60
Продолжительность выращивания	сут	180
Плотность посадки	шт/м ³	150
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	2 – 4
Размер частиц продукционного корма	мм	3 – 4,5
Суточная доза корма	% от массы рыб	3 – 4
Кормовой коэффициент		до 1,2

Таблица 7.6 - Диаметр икринок самок судака в 2005-2007 гг., мм

Год	Возраст							Среднее
	4	5	6	7	8	9	10	
2005	1,10±0,1 0 ²	1,17±0, 03	1,18±0,0 2 ²	1,13±0,0 2 ¹	1,15±0,0 3 ²	1,12±0, 03	1,05±0, 05	1,14±0, 01
2006	1,10	1,17±0, 04	1,10±0,0 3	1,12±0,0 3	1,08±0,0 3	-	-	1,10±0, 02
2007	1,08±0,0 2 ¹	1,08±0, 03	1,09±0,0 3	-	-	1,10±0, 03	1,13±0, 04	1,09±0, 01
Среднее	1,09±0,0 2	1,11±0, 02	1,11±0,0 2	1,13±0,0 2	1,11±0,0 3	1,11±0, 03	1,10±0, 02	1,10±0, 02
К-во рыб, шт.	7	12	25	18	9	16	6	-

^{1,2} – различия между возрастными группами достоверны соответственно при $p < 0,05$; $0,01$.

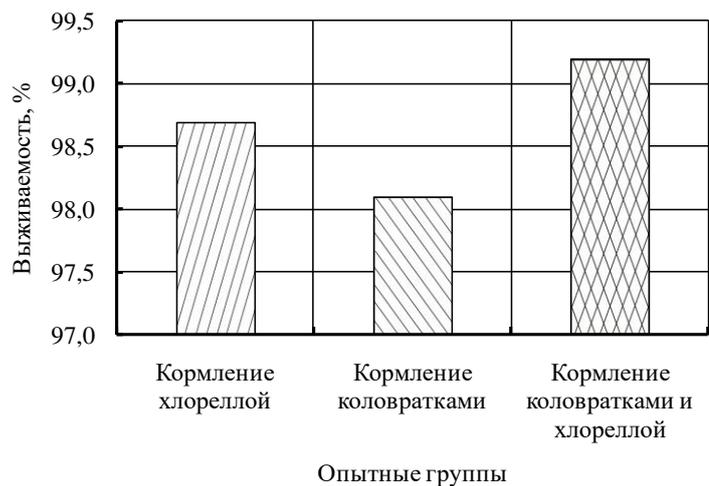


Рисунок 7.22 - Выживаемость личинок судака при кормлении различными живыми кормами

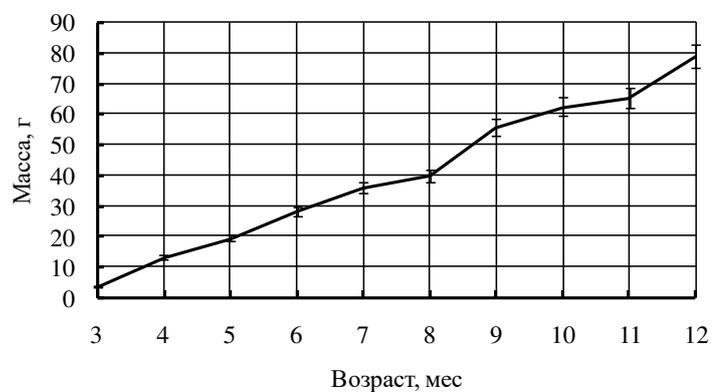


Рисунок 7.23 - Весовой рост судака на первом году выращивания

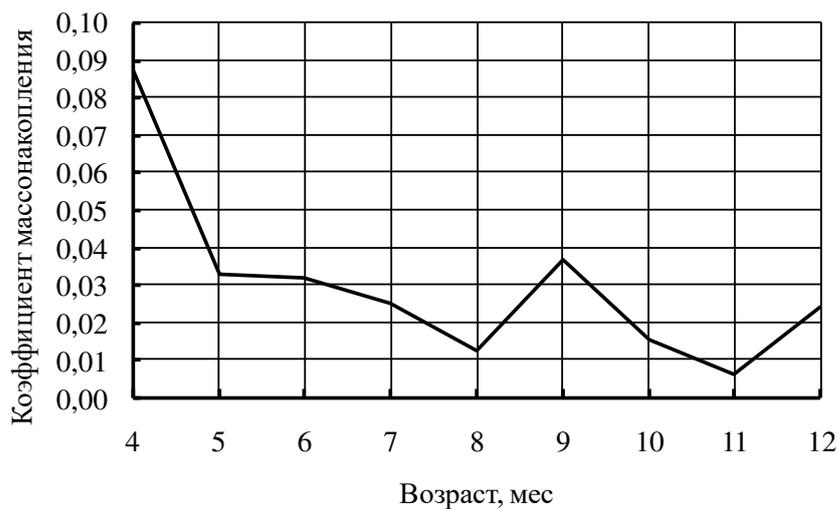


Рисунок 7.24 - Динамика коэффициента массонакопления судака в первый год выращивания

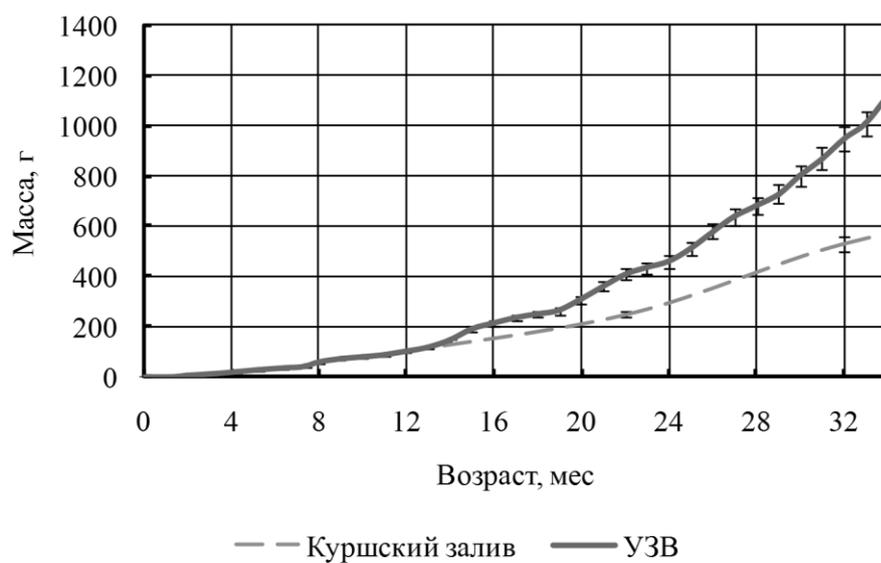


Рисунок 7.25 - Весовой рост судака в Куршском заливе [Голубкова, 2003] и в УЗВ.

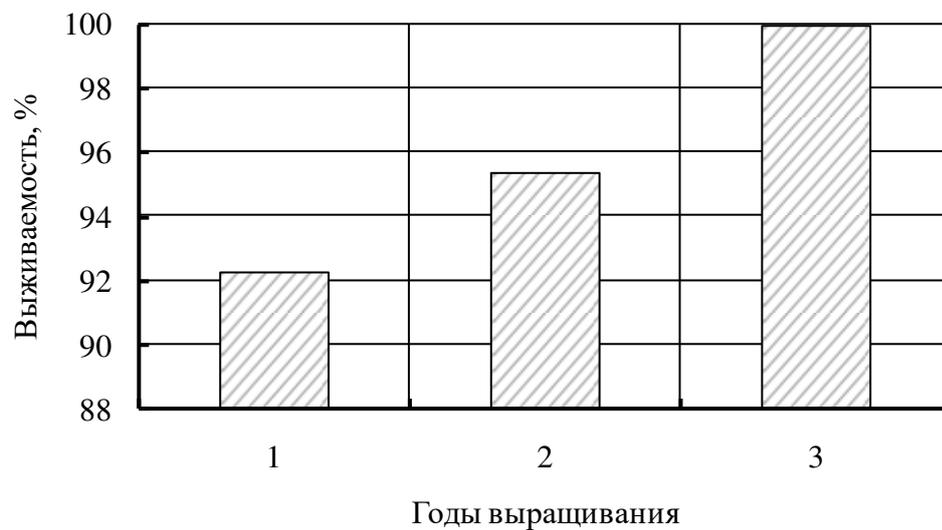


Рисунок 7.26 - Выживаемость ремонтного поголовья судака на различных этапах технологического процесса

Таблица 7.7 – Суточные дозы корма при выращивании судака в УЗВ

Возраст, мес	Средняя масса рыб, г	Суточная доза корма, %	Ожидаемый кормовой коэффициент
3	4	5,1	-
4	15	3,0	1,26
5	20	3,0	1,03
6	30	3,0	1,00
7	35	3,0	1,11
8	40	3,0	1,26
9	55	2,0	1,05
10	60	0,75	1,01
11	65	0,9	2,64
12	80	1,3	1,09
13	100	2,3	1,03
14	120	1,2	2,50
15	150	1,3	1,04
16	195	1,6	10,6
17	215	0,9	1,23
18	235	0,8	1,33
19	250	0,8	0,71
20	265	1,0	2,62
21	300	0,8	1,53
22	350	0,6	1,20
23	400	0,6	1,44
24	435	0,7	3,09
25	460	0,6	3,19
26	510	0,6	1,86
27	580	0,5	1,27
28	640	0,45	1,43
29	680	0,45	3,56
30	730	0,4	1,49
31	800	0,4	1,39
32	870	0,5	1,97
33	950	0,35	1,22
34	1010	0,25	1,17
35	1124	0,25	1,07

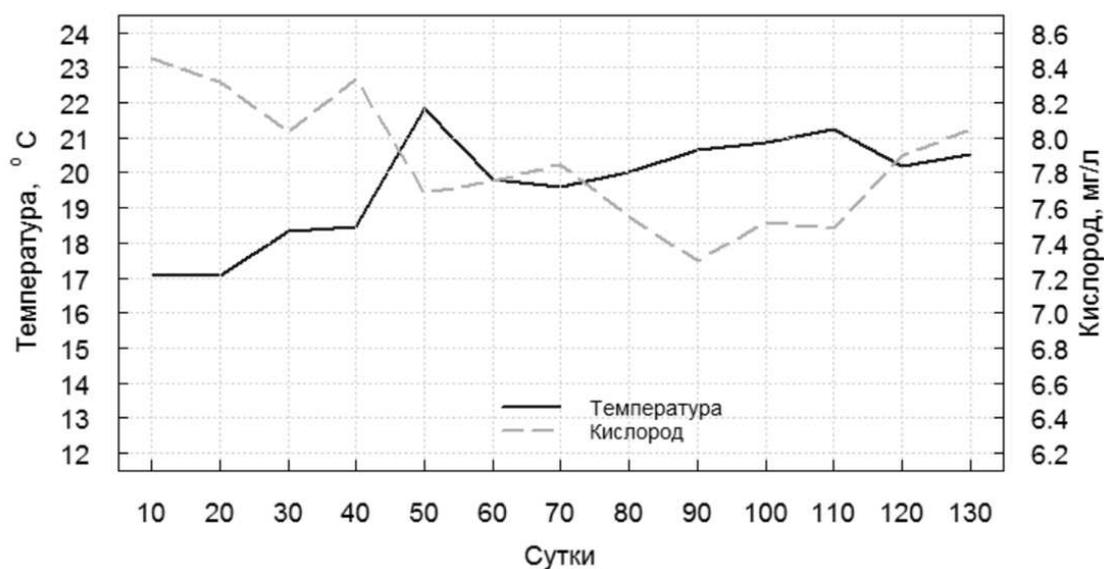


Рисунок 7.27 – Динамика температуры и содержания растворенного в воде кислорода в бассейнах УЗВ МРЛ «КГТУ»

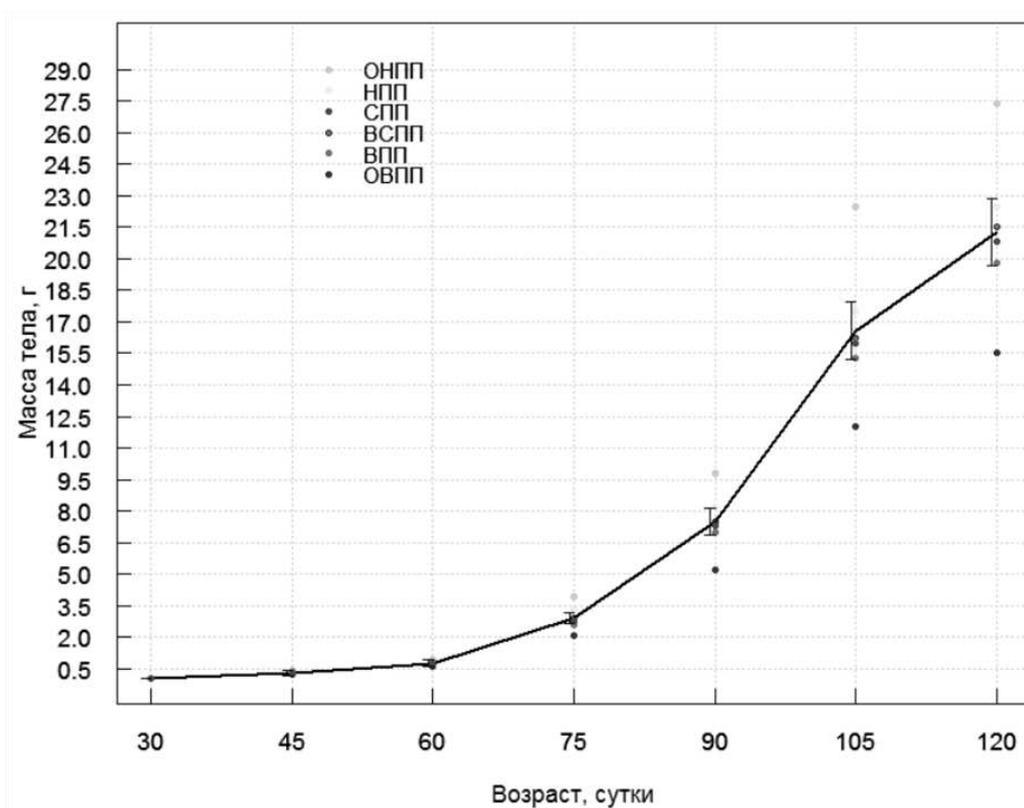


Рисунок 7.28 – Весовой рост молоди судака

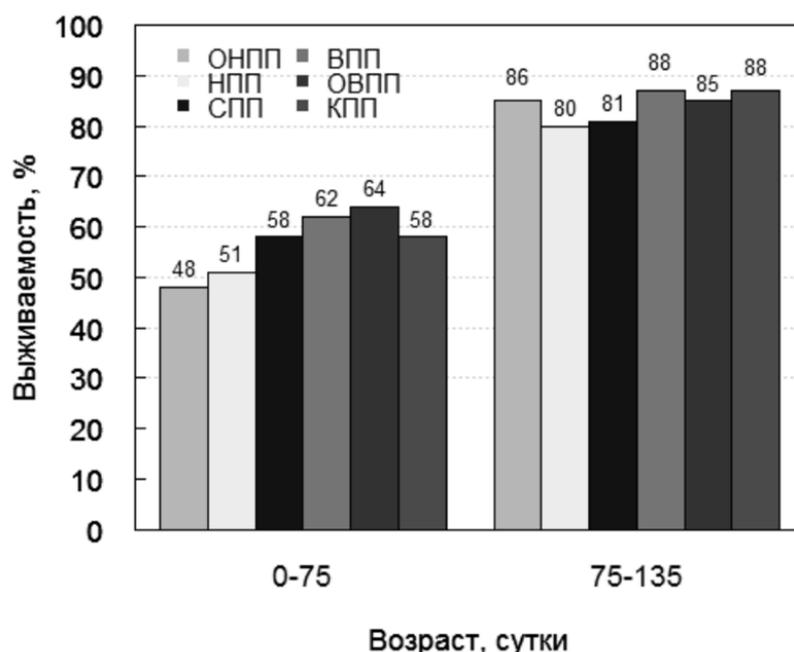


Рисунок 7.29 – Выживаемость молоди судака в период выращивания на МРЛ «КГТУ»

Таблица 7.8 – Рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания судака в УЗВ

Показатели	Единица измерения	Норма
Разведение судака		
Оптимальная температура воды для производителей в период: нагула искусственной зимовки нереста	°С	22-24 6-10 11-15
Оптимальное содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 60,0
Возраст созревания производителей	мес	36
Масса производителей	кг	1-3
Рабочая плодовитость самок	тыс.шт. икринок	100-200
Соотношение самцов и самок в маточном стаде		2(3) : 1
Кратность созревания производителей	раз/год	1
Продолжительность эксплуатации производителей	мес	48
Инкубация икры		
Оптимальная температура воды	°С	12-15
Содержание кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание нитритов нитратов	мг/л	до 0,1 до 20

Продолжение таблицы 7.8

Количество спермы, используемое для осеменения икры	мл/л	3-5
Соотношение самцов и самок при осемени икры		2-3 : 1
Концентрация анестетика при обездвиживании производителей (гвоздичное масло – прописцин)	мл/л воды	0,04
Время обездвиживания	мин	10-15
Время возвращения подвижности в проточной воде	мин	2-5
Продолжительность работы с производителями на воздухе	мин	до 5-7
Норма закладки икры в аппараты Вейса	л тыс.шт	0,5-1 200-400
Продолжительность инкубации икры	сут	5-7
Процент оплодотворения икры	%	50-70
Процент выхода предличинок с инкубации	%	70-80
Выращивание мальков массой 1 г		
Оптимальная температура воды при: выдерживании предличинок подращивании личинок выращивании личинок	°С	17-18 19-20 22-24
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 50
Продолжительность выращивания	сут	40-45
Плотность посадки до 50-100 мг более 50-100 мг	тыс.шт/м ²	30 5-10
Уровень воды в бассейнах	м	0,2-0,3
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	до 50
Кратность кормления	раз/сут	24
Размер частиц стартового корма	мм	0,025-0,4
Суточная доза корма	% от массы рыб	5-7
Количество дней кормления живым кормом	дни	10-14
Суточная доза живого корма	% от массы тела	50-100
Продолжительность перехода на сухой стартовый корм	сут	7-10
Кормовой коэффициент		до 1,5
Выращивание молоди до массы 20 г		
Оптимальная температура воды	°С	22-24
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 0,5 до 0,2 до 50
Продолжительность выращивания	сут	70-75
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	1,2-2
Уровень воды в бассейнах	м	0,4-0,5
Водообмен	раз/час	1

Окончание таблицы 7.8

Выживаемость	%	70
Кратность кормления	раз/сут	6 – 10
Размет частиц стартового корма	мм	0,6 – 1,5
Суточная доза корма	% от массы тела	3-4
Кормовой коэффициент		до 1,0
Выращивание судака до 300 г		
Оптимальная температура воды	°С	22-24
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 100
Продолжительность выращивания	сут	180-240
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	0,25-0,3
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	95
Кратность кормления	раз/сут	2-3
Размер частиц стартового корма	мм	2-4,5
Суточная доза корма	% от массы рыб	2-3
Кормовой коэффициент		до 1,5
Выращивание товарного судака до 1000 г		
Оптимальная температура воды	°С	22-24
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7,0
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 100
Продолжительность выращивания	сут	200-240
Плотность посадки	тыс.шт/м ²	0,1-0,15
Уровень воды в бассейнах	м	1-2
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	1-2
Размер частиц стартового корма	мм	4,5-6
Суточная доза корма	% от массы рыб	0,7-1
Кормовой коэффициент		до 1,5

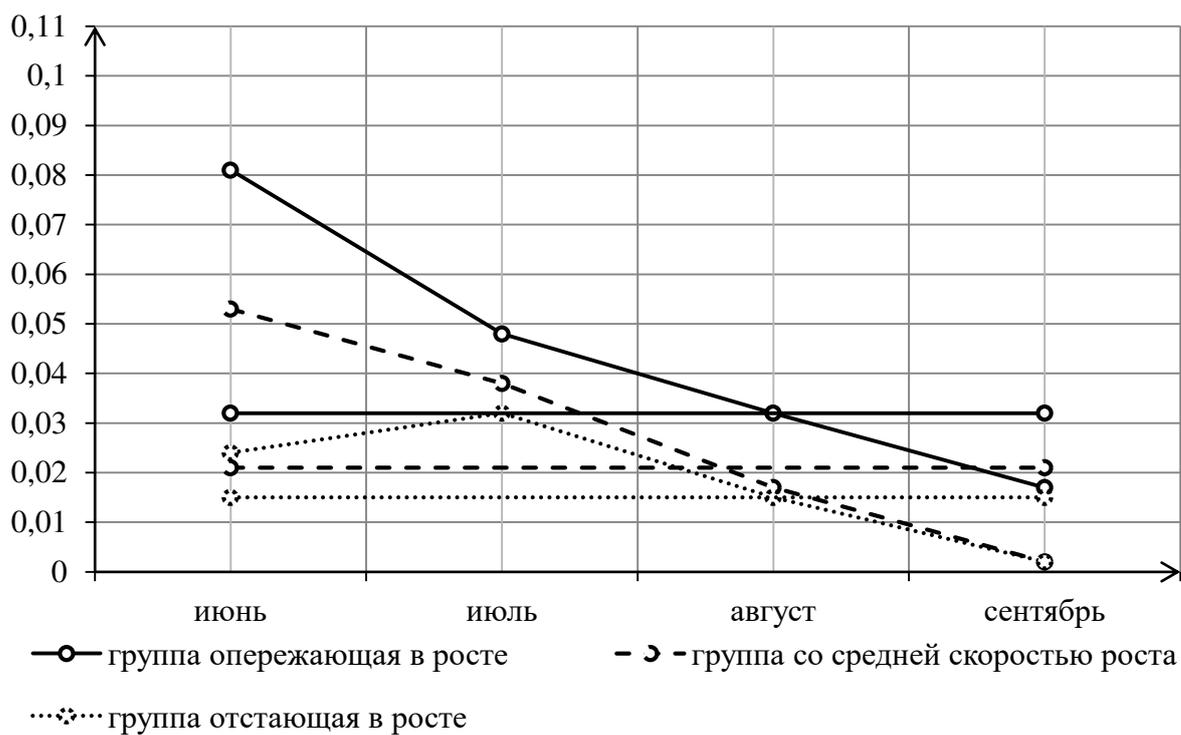


Рисунок 7.30 - Изменение величины коэффициента массонакопления при выращивании посадочного материала угря

Температура воды, °C

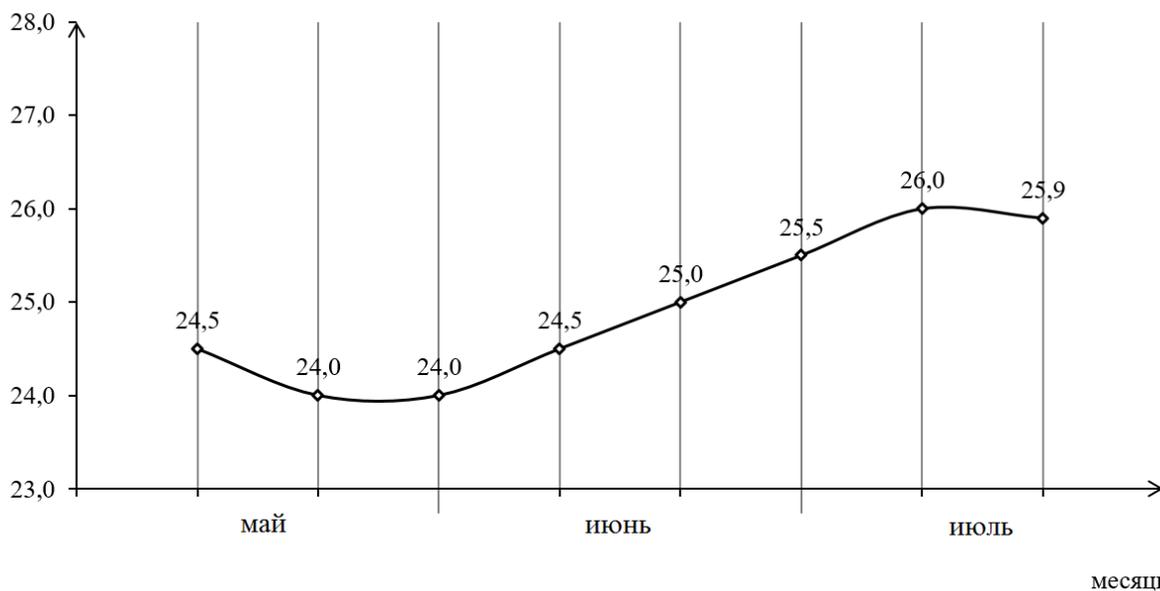


Рисунок 7.31- Изменения температуры воды при выращивании посадочного материала угря

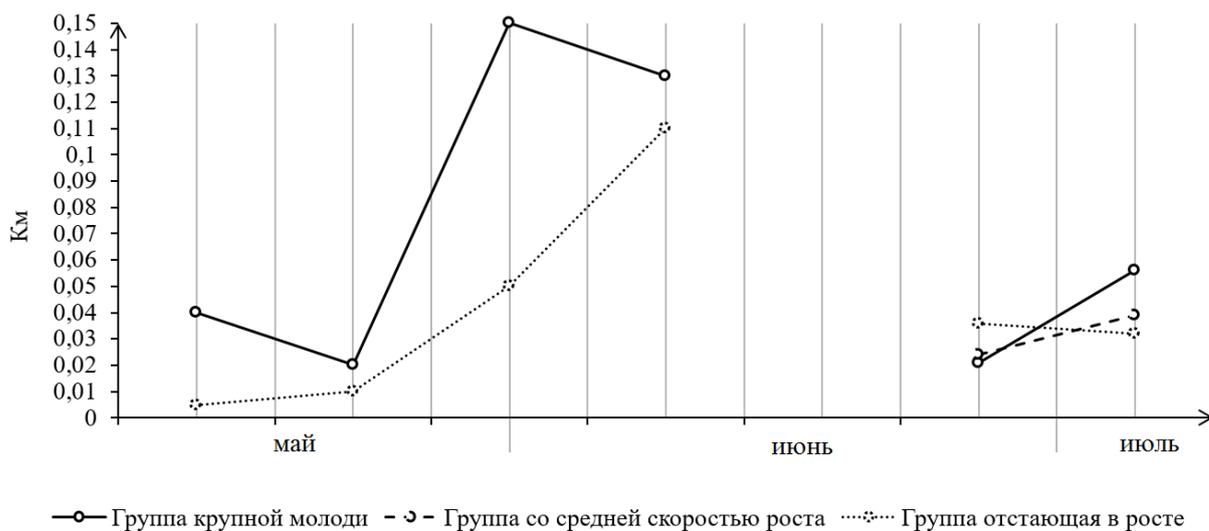


Рисунок 7.32 - Изменение величины коэффициента массонакопления при выращивании посадочного материала угря

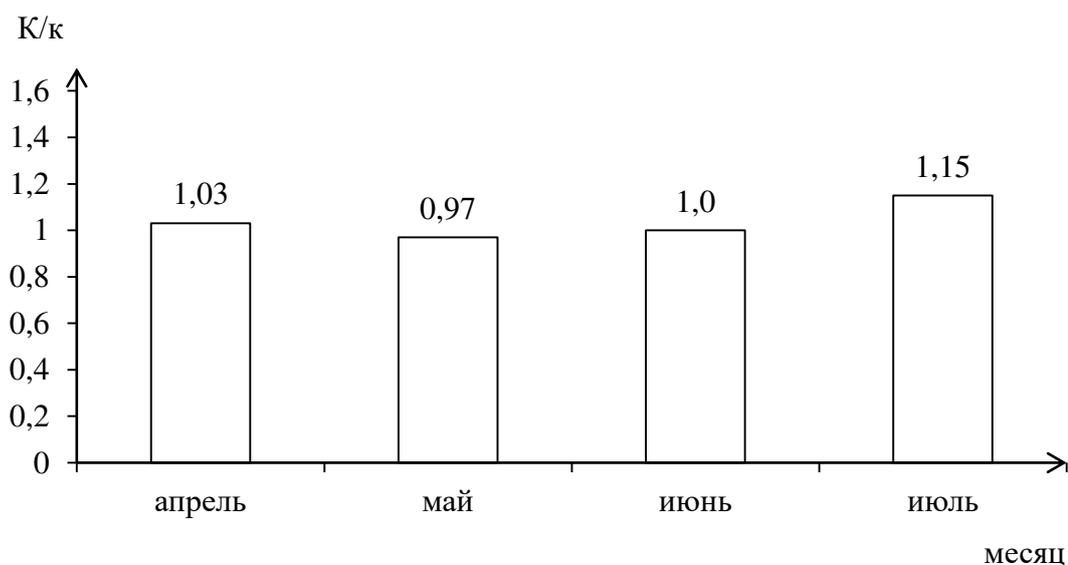


Рисунок 7.33 - Изменение величины кормового коэффициента при выращивании молоди угря

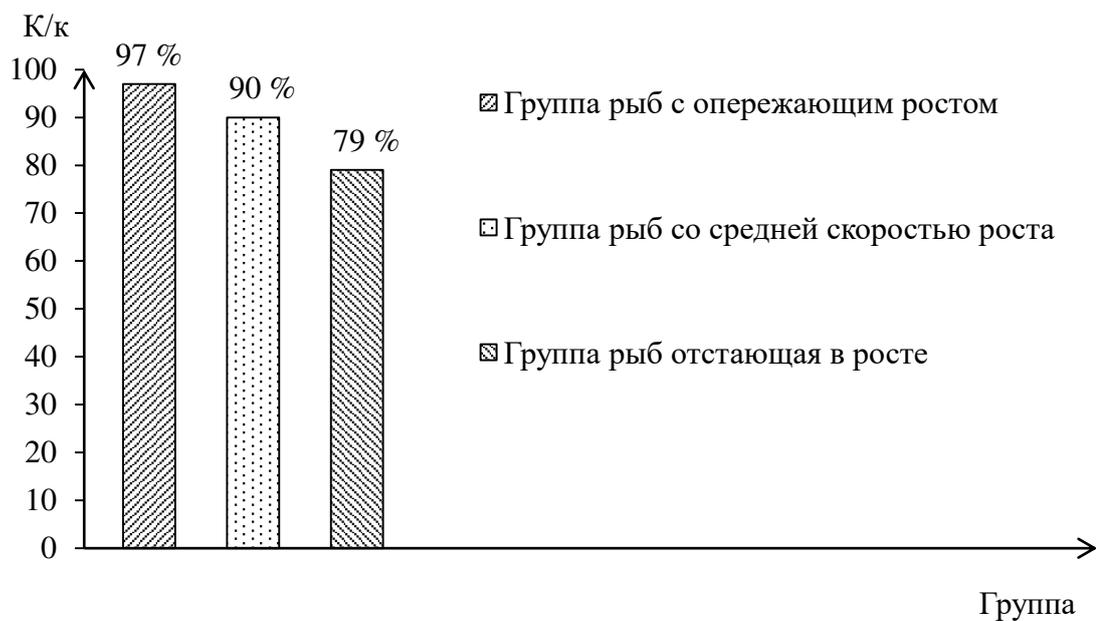


Рисунок 7.34 - Выживаемость молоди угря

Температура воды, °С

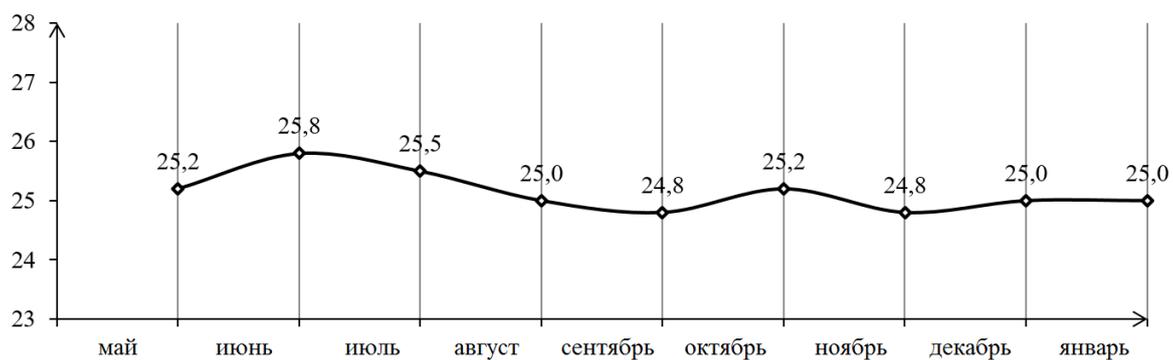


Рисунок 7.35 - Изменение температуры воды при выращивании угря при высокой плотности посадки

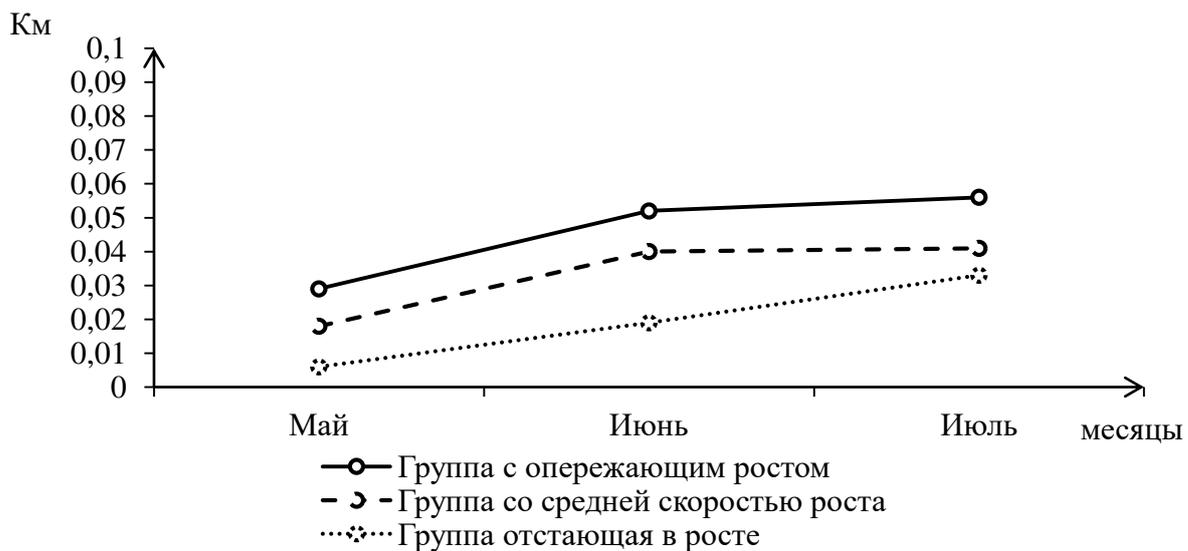


Рисунок 7.36 - Изменение величины коэффициента массонакопления у молоди угря

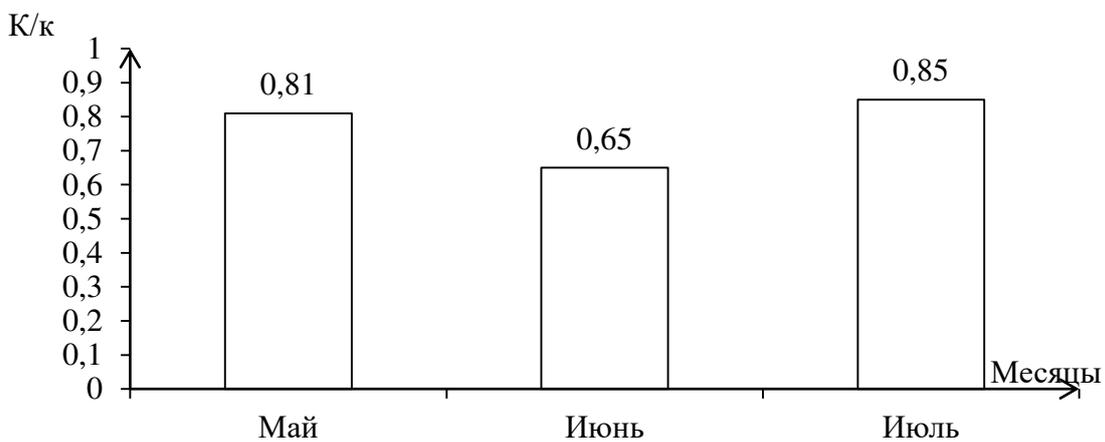


Рисунок 7.37 - Изменение величины кормового коэффициента при выращивании молоди угря

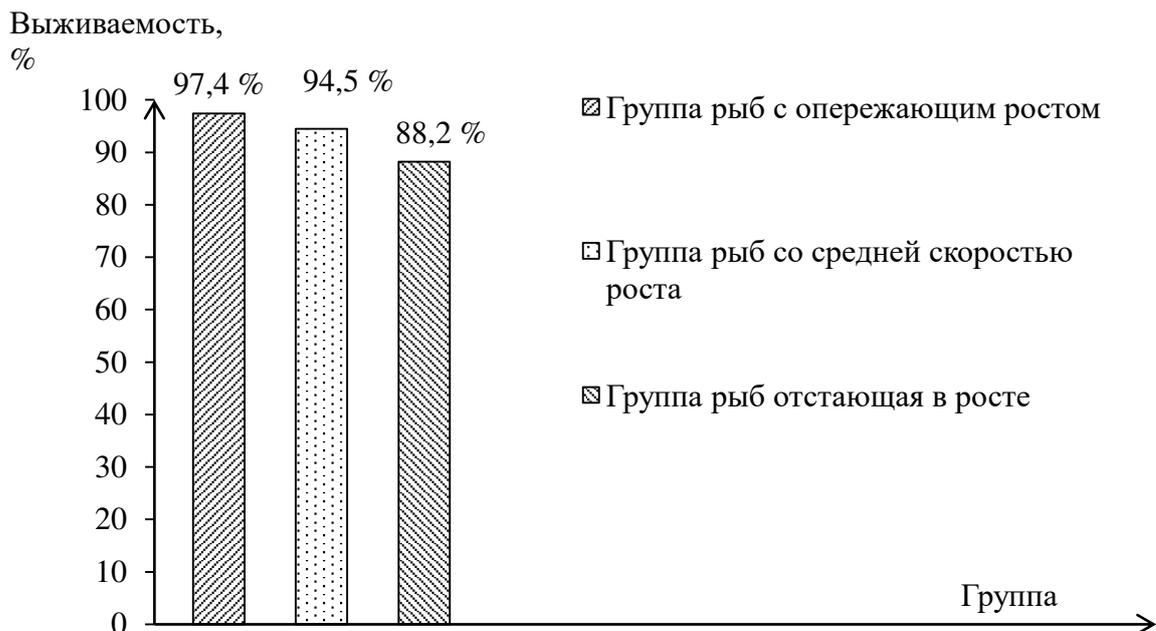


Рисунок 7.38 - Выживаемость молоди угря

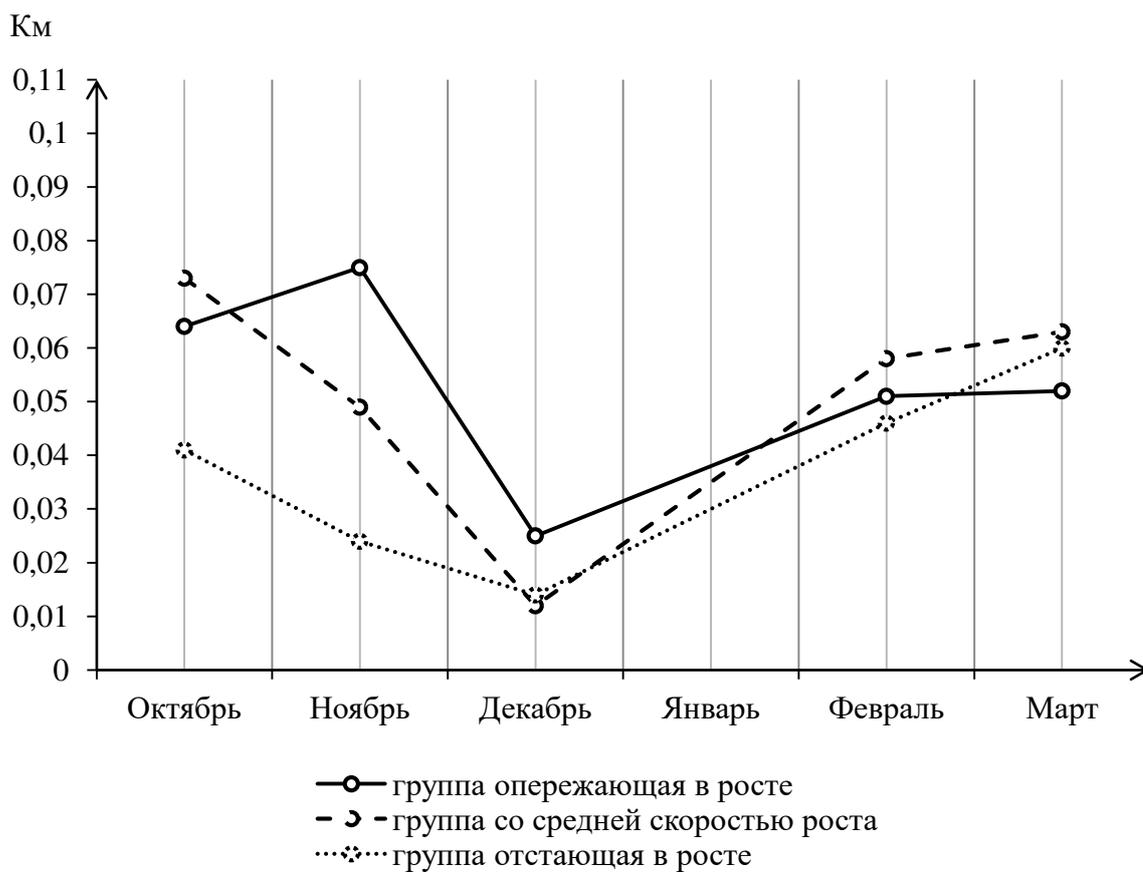


Рисунок 7.39 - Изменение величины коэффициента массонакопления (Км) при выращивании угря на втором этапе

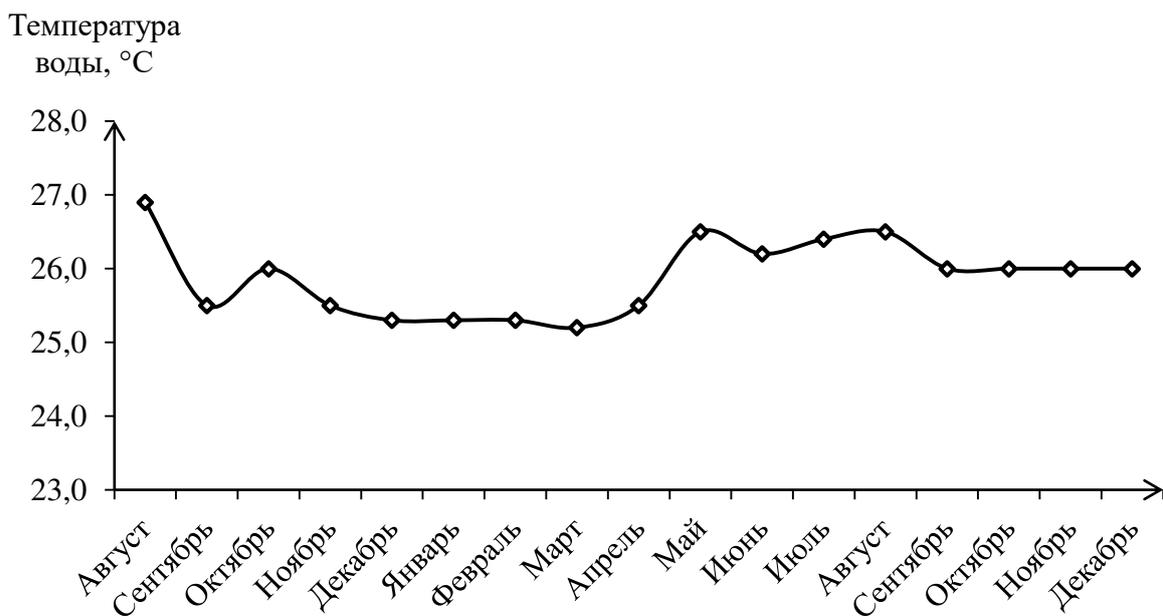


Рисунок 7.40 - Изменения температуры воды при выращивании угля на втором этапе

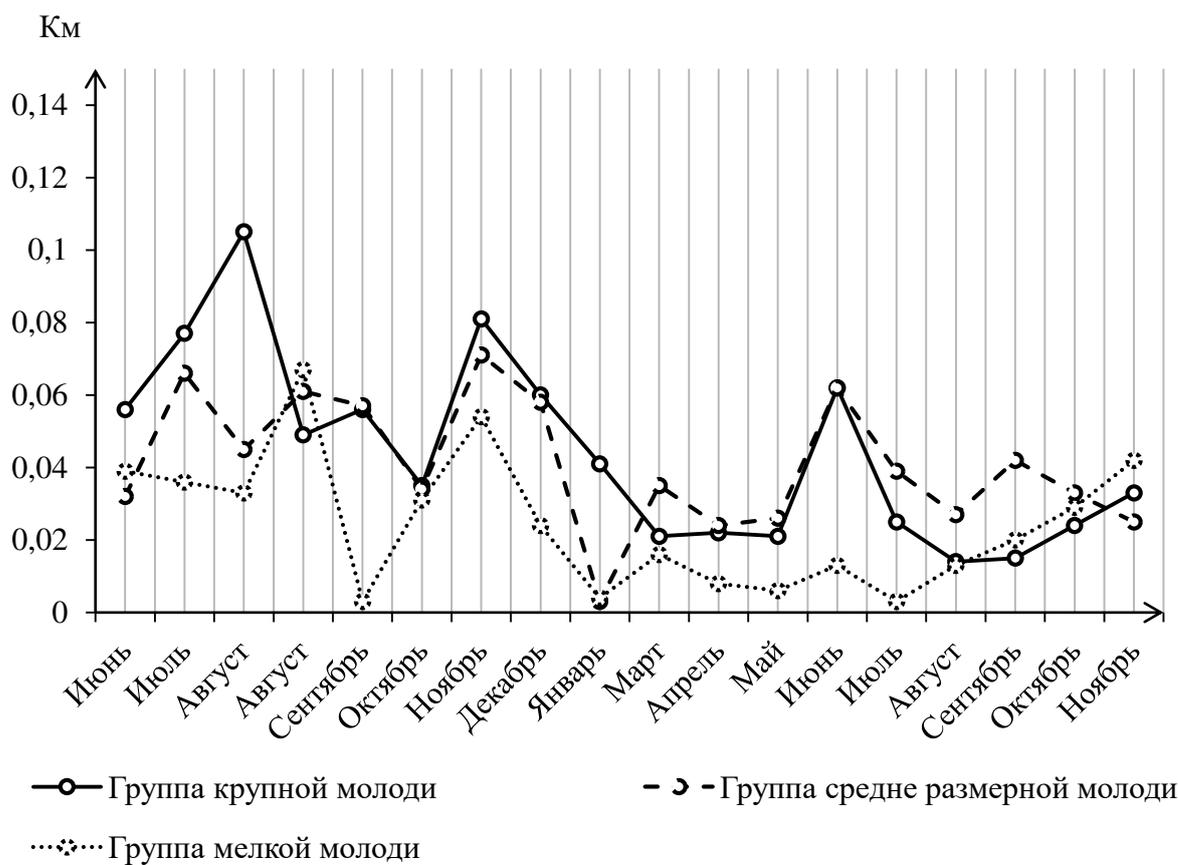


Рисунок 7.41 - Изменение величины коэффициента массонакопления (Км) при выращивании угля на втором этапе

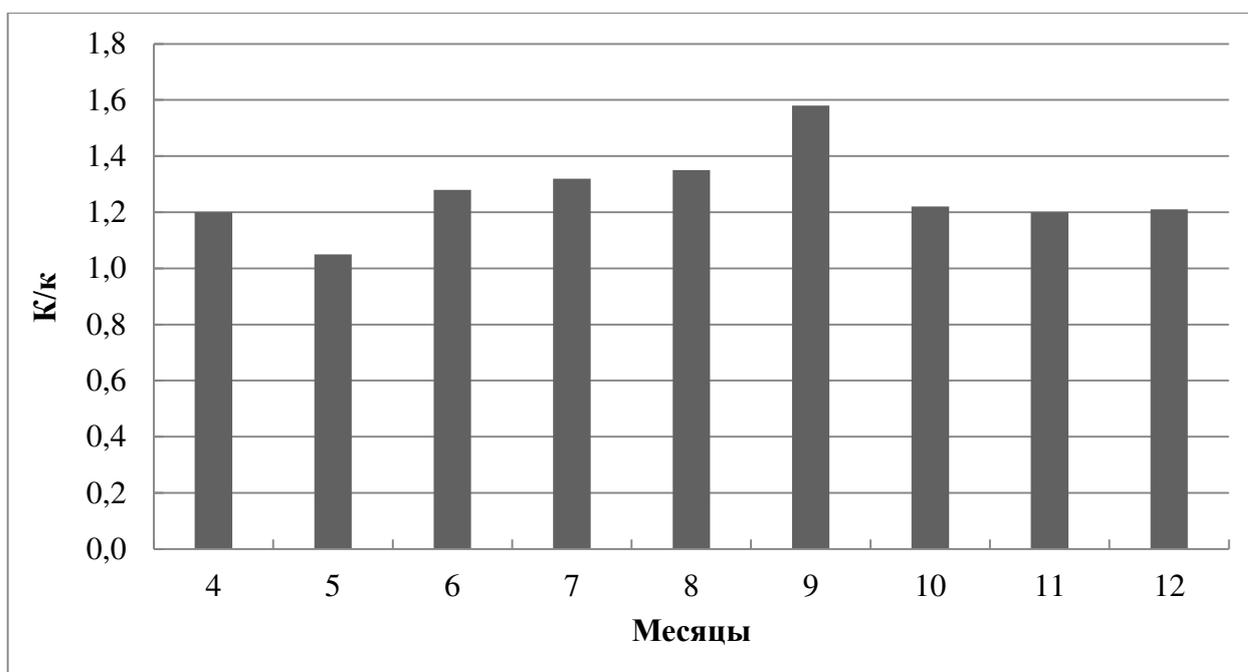


Рисунок 7.42 – Изменение величины кормового коэффициента при выращивании угря до возраста 12 мес

Таблица 7.9 – Рыбоводно-биологические нормативы выращивания угря в УЗВ

Показатели	Единица измерения	Норма
2	3	4
Карантинизация стекловидного угря		
Температура воды в период адаптации карантинизации	°C	7 – 23 20 – 23
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 8
Величина водородного показателя	pH	6,5 – 7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 1,0 до 0,2 до 50
Продолжительность карантина	сут	30
Плотность посадки при водообмене раз/ч	тыс.шт./м ³	до 50
Уровень воды в бассейнах	м	0,6 – 1
Выживаемость	%	80
Кратность кормления	раз/сут	не менее 6
Размер частиц стартового корма	мм	0,4 – 1
Суточная доза корма	% от массы рыб	4
Суточная доза по икре трески(судака)	% от массы рыб	10
Продолжительность кормления икрой	сут	10-20
Продолжительность перехода на искусственный корм	сут	5 – 7
Выращивание молоди до массы 10 г		
Оптимальная температура воды	°C	24 – 26

Продолжение таблицы 7.9

Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 2,0 до 0,3 до 100
Продолжительность выращивания	сут	90- 100
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	2-3
Уровень воды в бассейнах	м	0,6 – 0,8
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	80
Кратность кормления	раз/сут	не менее 6
Размер частиц стартового корма	мм	1 – 2
Суточная доза корма	% от массы тела	3
Кормовой коэффициент		до 1,5
Выращивание угря до массы 150-200 г		
Оптимальная температура воды	°С	24 – 26
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 2,0 до 0,3 до 200
Продолжительность выращивания	сут	220-240
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	1,0
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	90
Кратность кормления	раз/сут	не менее 6
Размер частиц стартового корма	мм	2 – 3
Суточная доза корма	% от массы рыб	0,5-2,0
Кормовой коэффициент		до 1,2
Выращивание угря до массы 400 г		
Оптимальная температура воды	°С	24 – 26
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 7
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 2,0 до 0,3 до 200
Продолжительность выращивания	сут	80-90
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	0,3
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	95
Кратность кормления	раз/сут	2-3
Размер частиц стартового корма	мм	2-3

Окончание таблицы 7.9

Суточная доза корма	% от массы рыб	0,5
Кормовой коэффициент		до 1,2
Выращивание угря до массы 600-700 г		
Оптимальная температура воды	°С	24-26
Содержание растворенного в воде кислорода	мг/л	более 8
Величина водородного показателя	pH	6,5-7,5
Содержание: суммарное аммиака и аммония нитритов нитратов	мг/л	до 2,0 до 0,3 до 200
Продолжительность выращивания	сут	80-90
Плотность посадки	тыс.шт/м ³	0,3
Уровень воды в бассейнах	м	1,0
Водообмен	раз/ч	1
Выживаемость	%	99
Кратность кормления	раз/сут	2-3
Размер частиц продукционного корма	мм	3-4,5
Суточная доза корма	% от массы рыб	0,5
Кормовой коэффициент		1

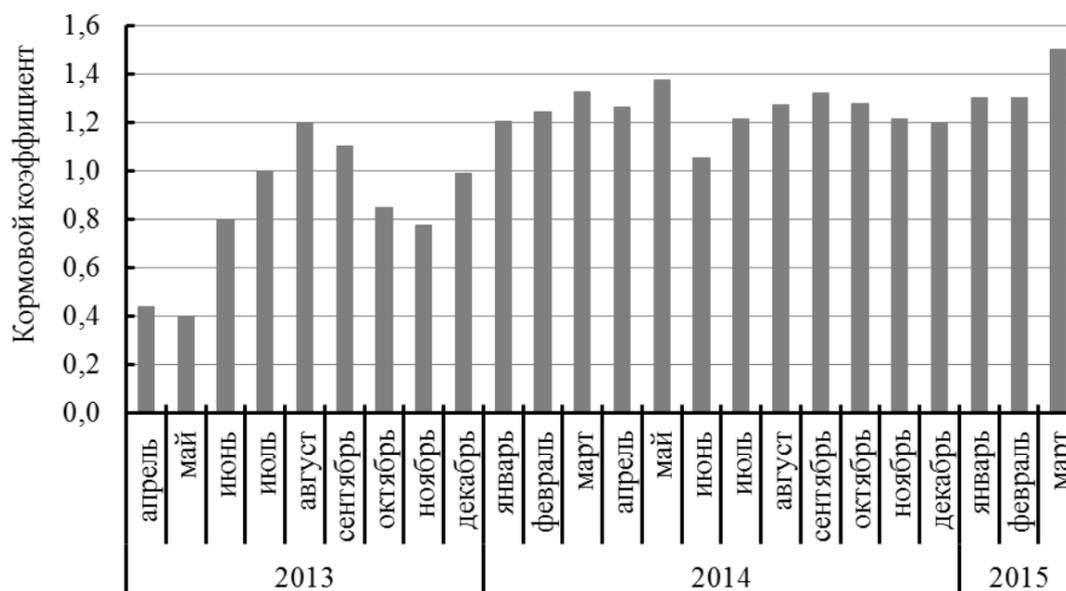


Рисунок 7.43 – Изменение кормового коэффициента при выращивании форели второй генерации

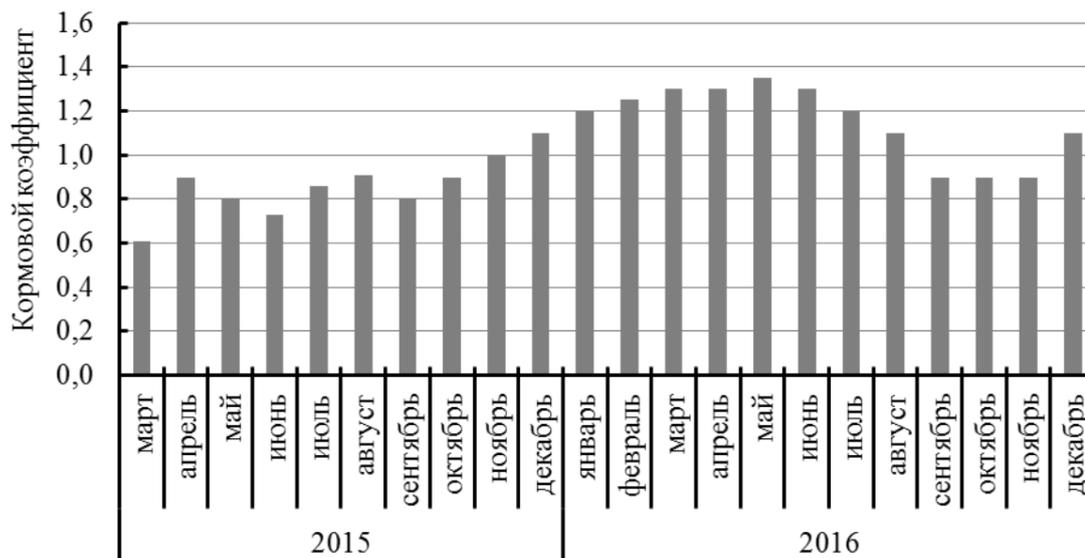


Рисунок 7.44 – Изменение кормового коэффициента при выращивании форели третьей генерации

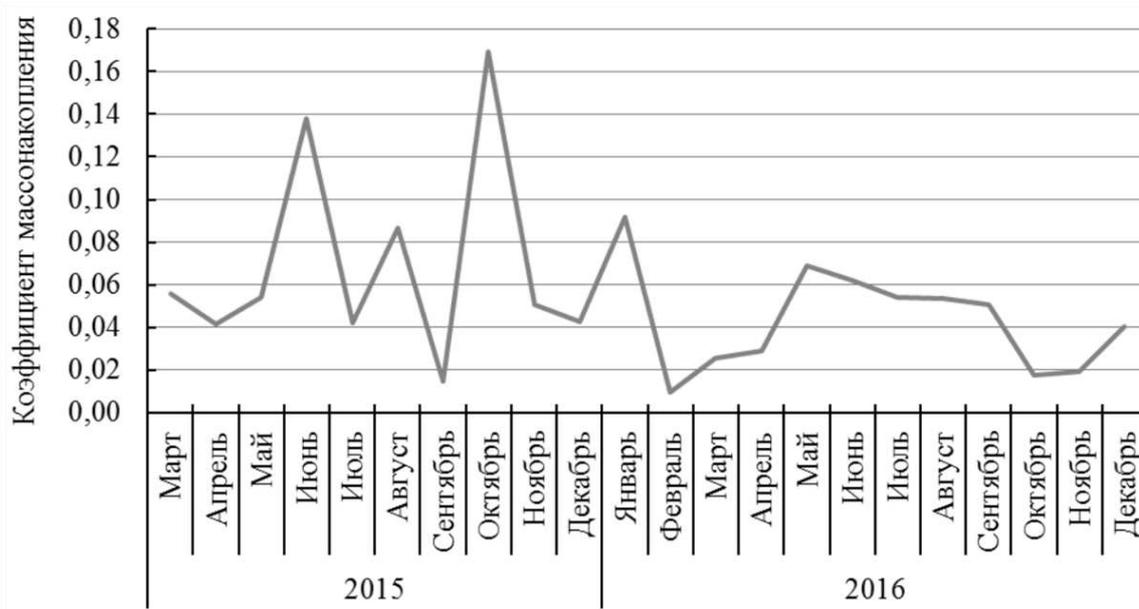


Рисунок 7.45 – Изменение коэффициента массонакопления при выращивании в УЗВ третьей генерации форели

Таблица 7.10 – Результаты выращивания посадочного материала форели в УЗВ

Показатели	Размерные группы		
	мелкие	средние	крупные
Плотность посадки, шт/м ²	400	400	400
Средняя масса начальная, г	0,95±0,01	1,10±0,02	1,28±0,02
Средняя масса конечная, г	290,0±2,97	300,0±2,44	315,0±1,73
Выживаемость, %	69,4	83,0	86,9
Среднепериодный коэффициент массонакопления	0,068	0,07	0,075
Рыбопродукция, кг/м ²	80,5	99,6	109,4
Продолжительность выращивания, сут	228	228	228
Количество градусо-дней	4097	4097	4097

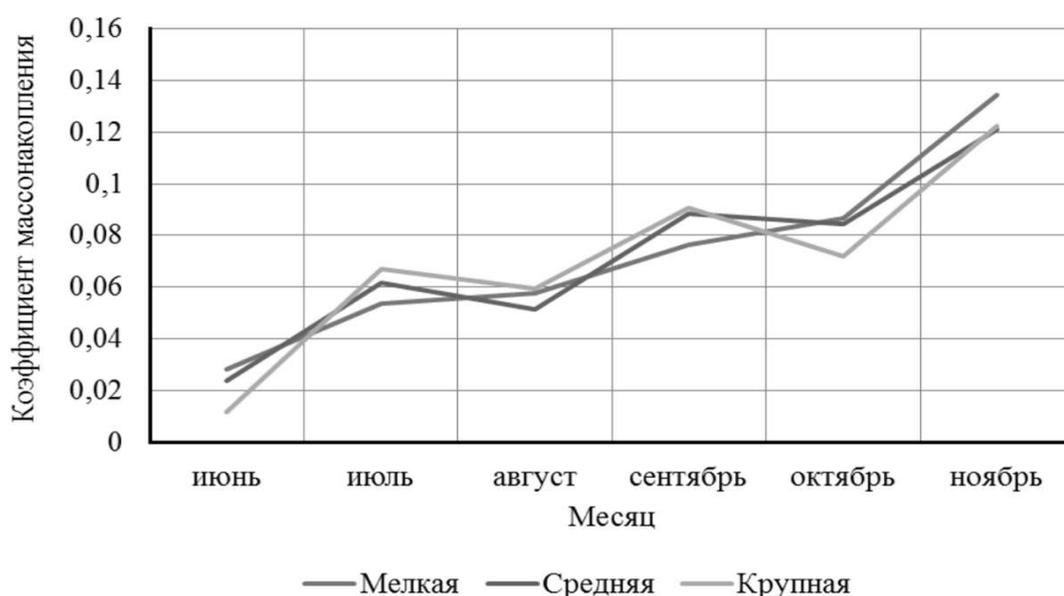


Рисунок 7.46 – Динамика коэффициента массонакопления молоди форели в УЗВ

Таблица 7.11 – Значения кормового коэффициента при выращивании посадочного материала в условиях промышленной УЗВ

Месяц	Размерные группы		
	мелкие	средние	крупные
Май	0,82	0,80	0,80
Июнь	0,87	0,85	0,82
Июль	0,92	0,92	0,91
Август	1,01	1,00	1,00
Сентябрь	1,02	1,02	1,01
Октябрь	1,03	1,02	1,01
Ноябрь	1,04	1,02	1,00

Таблица 7.12 – Рыбоводно-биологические нормативы формирования ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ

Показатели	Норма
Температура воды в период нагула ремонтно-маточного стада, °С	12 – 20
Температура воды в период «искусственной зимовки», °С	5 – 6,5
Температура воды в нерестовый период, °С:	
- 1-2 генерация форели	6 – 10
- 3 генерация форели	12 – 10
Температура воды при инкубации икры, °С	7 – 12
Температура воды при выдерживании предличинок, °С	12 – 14
Температура воды при подращивании личинок, °С	14 – 16
Температура воды при выращивании мальков, °С	15 – 18
Температура воды при выращивании молоди, °С	17 – 20
Содержание растворенного в воде кислорода, мг/л	более 7,0
pH	6,5 – 7,5
Содержание нитритов, мг/л	до 0,2
Средняя масса племенного материала в возрасте, г:	
4 мес	40-60
8 мес	500-700
12 мес	1000-1100
18 мес	1600-1850
24 мес	2100-2600
30 мес	2500-3300
36 мес	2800-3600
Выживаемость, %:	
- личинок	70
- мальков массой 1 г	70
- в возрасте 4-х мес	90
- в возрасте 8 мес	90
- в возрасте 12 мес	95
- в возрасте 18 мес	95
- в возрасте 24 мес (с учетом потерь в нерестовый период)	95
- в возрасте 30 мес (с учетом потерь в нерестовый период)	95
- в возрасте 36 мес (с учетом потерь в нерестовый период)	95
Соотношение самцов и самок	1 : 2
Плотность посадки ремонта и производителей, шт./м ² :	
- мальки	100-150
- молодь	100
- ремонт в возрасте 12-18 мес	50
- производители массой 1 – 2 кг	25
- производители массой более 2 кг	10 – 15
Плотность посадки производителей в преднерестовый период, шт./м ²	10 – 20
Рабочая плодовитость самок, тыс. шт	2,3 – 3,5
Относительная плодовитость самок, тыс.шт. икринок на кг массы рыбы	1,2 – 1,6
Диаметр набухшей икринки, мм	4,1 – 4,5
Масса икринки, мг	70 – 110
Объем эякулята, мл	более 9

Окончание таблицы 7.12

Время подвижности сперматозоидов, с	более 40
Процент оплодотворения икры, %	92 – 95
Выдерживание предличинок	
Плотность посадки предличинок в бассейны, шт/м ²	5000
Уровень воды в бассейнах, м	0,2 – 0,3
Продолжительность выдерживания предличинок, сут	10
Средняя масса предличинок, мг	120 – 140
Выход предличинок с инкубации, %	80
Подращивание личинок	
Плотность посадки личинок на подращивание, шт/м ²	3500
Уровень воды в бассейнах, м	0,3
Кратность кормления, раз/день	14 – 16
Продолжительность подращивания, сут	12
Выход личинок с подращивания, %	90
Средняя масса подрощенных личинок, г	0,3 – 0,4
Выращивание личинок	
Плотность посадки подрощенных личинок, шт/м ²	3200
Уровень воды в бассейнах, м	0,4
Кратность кормления, раз/день	14 – 16
Кормовой коэффициент	0,75
Продолжительность выращивания личинок, сут	30
Выход мальков, %	85 – 90
Средняя масса мальков, г	1,0 – 1,2
Выращивание молоди до 30-50 г	
Плотность посадки мальков, шт/м ²	1000
Кратность кормления, раз/день	10 – 12
Кормовой коэффициент	0,8 – 0,9
Уровень воды в бассейнах, м	0,4 – 0,6
Продолжительность выращивания мальков, сут	25
Выход посадочного материала, %	95
Средняя масса посадочного материала, г	30 – 50
Выращивание посадочного материала до 300 г	
Плотность посадки молоди, шт/м ²	400
Уровень воды в бассейнах, м	0,4 – 0,6
Кратность кормления, раз/день	3 – 4
Кормовой коэффициент	0,9 – 1,0
Продолжительность выращивания посадочного материала, сут	120 – 130
Выход посадочного материала, %	95 – 98
Средняя масса посадочного материала, г	290 – 320

Таблица 7.13 – Схема эксплуатации маточного стада стерляди в режиме полицикла

Месяц	Группы производителей			
	I	II	III	IV
1		X		
2				
3				
4			X	

Окончание таблицы 7.13

5				
6				
7				X
8				
9				
10	X			
11				
12				
13		X		
14				
15				
16			X	
17				
18				
19				X
20				
21				
22	X			
23				
24				

x – получение зрелых половых продуктов

Таблица 7.14 – Схема эксплуатации маточного стада судака в режиме полицикла

Месяц	Группы производителей			
	I	II	III	IV
1				
2		X		
3				
4				
5			X	
6				
7				
8				X
9				
10				
11	X			
12				
13				
14		X		
15				
16				
17			X	
18				
19				
20				X
21				
22				

Окончание таблицы 7.14

23	X			
24				

x – получение зрелых половых продуктов

Таблица 7.15 – Схема эксплуатации маточного стада клариевого сома в режиме полицикла

Месяц	Группы производителей		
	I	II	III
1	X		
2		X	
3			X
4	X		
5		X	
6			X
7	X		
8		X	
9			X
10	X		
11		X	
12			X
13	X		
14		X	
15			X
16	X		
17		X	
18			X
19	X		
20		X	
21			X
22	X		
23		X	
24			X
25	X		

x – получение зрелых половых продуктов

Таблица 7.16 – Схема эксплуатации маточного стада канального сома в режиме полицикла

Месяц	Группы производителей		
	I	II	III
1			
2			
3			
4	X		
5			
6		X	
7			
8			

Окончание таблицы 7.16

9			X
10			
11	X		
12			
13		X	
14			
15			X
16			
17	X		
18			
19		X	
20			
21			X
22			
23	X		
24			
25		X	

x – получение зрелых половых продуктов

Таблица 7.17 – Алгоритм выращивания посадочного материала стерляди в режиме полицикла

Месяц	Группы посадочного материала			
	I	II	III	IV
1	X			
2	X	X		
3		X		
4		X		
5		X	X	
6			X	
7			X	
8			X	X
9				X
10				X
11	X			X
12	X			
13	X			
14	X	X		
15		X		
16		X		
17		X	X	
18			X	
19			X	
20			X	X
21				X
22				X
23	X			X
24	X			

x – месяцы выращивания

Таблица 7.18 – Алгоритм выращивания посадочного материала стерляди в режиме полицикла

Месяц	Группы посадочного материала			
	I	II	III	IV
1	X			
2	X	X		
3	X	X		
4	X	X		
5		X	X	
6		X	X	
7		X	X	
8			X	X
9			X	X
10			X	X
11	X			X
12	X			X
13	X			X
14	X	X		
15	X	X		
16	X	X		
17		X	X	
18		X	X	
19		X	X	
20			X	X
21			X	X
22			X	X
23	X			X
24	X			x

x – месяцы выращивания

Таблица 7.19 – Алгоритм выращивания посадочного материала судака в режиме полицикла

Месяц	Группы посадочного материала			
	I	II	III	IV
1	X			
2	X			
3	X	X		
4		X		
5		X		
6		X	X	
7			X	
8			X	
9			X	X
10				X
11				X
12	X			X
13	X			
14	X			
15	X	X		
16		X		

Окончание таблицы 7.19

17		X		
18		X	X	
19			X	
20			X	
21			X	X
22				X
23				X
24	X			x

x – месяцы выращивания

Таблица 7.20 - Алгоритм выращивания посадочного материала судака (первый год)

Группы	Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	М,г	0,1	2	10	20	50	90	0,1	2	10	20	50	90	
	N,т.шт.	120	83	73	67	66	65	120	83	73	67	66	65	
	P, т	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	
	Ап, шт./м ²	1500	1037	912	838	825	800	1500	1037	912	838	825	800	
	П, кг /м ²	0,15	2	9	17	41	72	0,15	2	9	17	41	72	
	N,реал.тыс.шт. *	-	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	65
	P реал.т*	-	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-	-	5,9
2	М,г	90	0,1	2	10	20	50	90	0,1	2	10	20	50	
	N,т.шт.	65	120	83	73	67	66	65	120	83	73	67	66	
	P, т	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	
	Ап, шт./м ²	800	1500	1037	912	838	825	800	1500	1037	912	838	825	
	П, кг /м ²	72	0,15	2	9	17	41	72	0,15	2	9	17	41	
	N,реал.тыс.шт.	65	-	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	
	P реал.т	5,9	-	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-	
3	М,г	50	90	0,1	2	10	20	50	90	0,1	2	10	20	
	N,т.шт.	66	65	120	83	73	67	66	65	120	83	73	67	
	P, т	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	
	Ап, шт./м ²	825	800	1500	1037	912	838	825	800	1500	1037	912	838	
	П, кг /м ²	41	72	0,15	2	9	17	41	72	0,15	2	9	17	
	N,реал.тыс.шт.	-	65	-	-	-	-	-	65	-	-	-	-	
	P реал.т	-	5,9	-	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	
4	М,г	20	50	90	0,1	2	10	20	50	90	0,1	2	10	
	N,т.шт.	67	66	65	120	83	73	67	66	65	120	83	73	
	P, т	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	
	Ап, шт./м ²	838	825	800	1500	1037	912	838	825	800	1500	1037	912	
	П, кг /м ²	17	41	72	0,15	2	9	17	41	72	0,15	2	9	
	N,реал.тыс.шт.	-	-	65	-	-	-	-	-	65	-	-	-	
	P реал.т	-	-	5,9	-	-	-	-	-	5,9	-	-	-	
5	М,г	10	20	50	90	0,1	2	10	20	50	90	0,1	2	
	N,т.шт.	73	67	66	65	120	83	73	67	66	65	120	83	
	P, т	0,7	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,01 2	0,2	
	Ап,шт./м ²	912	838	825	800	1500	1037	912	838	825	800	1500	1037	

Окончание таблицы 7.20

	П, кг /м ²	9	17	41	72	0,15	2	9	17	41	72	0,15	2
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	65	-	-	-	-	-	65	-	-
	Р реал.т	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-	5,9	-	-
6	М,г	2	10	20	50	90	0,1	2	10	20	50	90	0,1
	N,т.шт.	83	73	67	66	65	120	83	73	67	66	65	120
	Р, т	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,012	0,2	0,7	1,3	3,3	5,9	0,012
	Ап,шт./м ²	1037	912	838	825	800	1500	1037	912	838	825	800	1500
	П, кг /м ²	2	9	17	41	72	0,15	2	9	17	41	72	0,15
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	65	-
	Р реал.т	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	5,9	-	-
Итого	Р реал.т поме- сячно	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9

М – средняя масса, г; N – количество рыб, т.шт.; Р – общая масса рыб, т; Ап, шт./м² – плотность посадки; П – рыбопродуктивность, кг /м², N реал. – количество посадочного материала, тыс.шт.; Рреал. – общая масса посадочного материала, т

Таблица 7.21 - Алгоритм выращивания молоди клариевого сома – 1 этап (1-4 циклы: январь-апрель)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200
N,т.шт.	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5
Р, т.шт.	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7
Ап шт./м ²	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700
П, кг /м ²	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540
N,реал.т				18,5				18,5				18,5
Р реал.т				3,7				3,7				3,7
М,г	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80
N,т.шт.	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5
Р, т.шт.	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7
Ап шт./м ²	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900
П, кг /м ²	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230
N,реал.т	18,5				18,5				18,5			
Р реал.т	3,7				3,7				3,7			
М,г	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20
N,т.шт.	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23
Р, т.шт.	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5
Ап шт./м ²	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500
П, кг /м ²	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70
N,реал.т		18,5				18,5				18,5		
Р реал.т		3,7				3,7				3,7		
М,г	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1
N,т.шт.	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28
Р, т.шт.	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03
Ап шт./м ²	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000
П, кг /м ²	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7
N,реал.т			18,5			18,5				18,5		
Р реал.т			3,7			3,7				3,7		
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200
N,т.шт.	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5
Р, т.шт.	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7
Ап шт./м ²	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700
П, кг /м ²	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540

Окончание таблицы 7.21

N,реал.г				18,5				18,5				18,5
Р реал.г				3,7				3,7				3,7
М,г	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80
N,т.шт.	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5
Р, т.шт.	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7
Ап шт./м ²	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900
П, кг /м ²	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230
N,реал.т.	18,5				18,5				18,5			
Р реал.г	3,7				3,7				3,7			
М,г	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20
N,т.шт.	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23
Р, т.шт.	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5
Ап шт./м ²	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500
П, кг /м ²	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70
N,реал.т.		18,5				18,5				18,5		
Р реал.г		3,7				3,7				3,7		
М,г	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1
N,т.шт.	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28
Р, т.шт.	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03
Ап шт./м ²	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000
П, кг /м ²	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7
N,реал.т.			18,5				18,5				18,5	
Р реал.г			3,7				3,7				3,7	

Таблица 7.22 - Алгоритм выращивания молоди клариевого сома – 1 этап (5-8 циклы: май-август)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200
N,т.шт.	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5
Р, т.шт.	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7
Ап шт./м ²	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700
П, кг /м ²	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540
N,реал.г				18,5				18,5				18,5
Р реал.г				3,7				3,7				3,7
М,г	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80
N,т.шт.	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5
Р, т.шт.	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7
Ап шт./м ²	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900
П, кг /м ²	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230
N,реал.т.	18,5				18,5				18,5			
Р реал.г	3,7				3,7				3,7			
М,г	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20
N,т.шт.	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23
Р, т.шт.	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5
Ап шт./м ²	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500
П, кг /м ²	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70
N,реал.т.		18,5				18,5				18,5		
Р реал.г		3,7				3,7				3,7		
М,г	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1
N,т.шт.	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28
Р, т.шт.	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03
Ап шт./м ²	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000
П, кг /м ²	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7

Окончание таблицы 7.22

N,реал.г			18,5				18,5				18,5	
Р реал.г			3,7				3,7				3,7	
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200
N,т.шт.	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5
Р, т.шт.	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7
Ап шт./м ²	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700
П, кг /м ²	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540
N,реал.г				18,5				18,5				18,5
Р реал.г				3,7				3,7				3,7
М,г	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80
N,т.шт.	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5
Р, т.шт.	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7
Ап шт./м ²	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900
П, кг /м ²	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230
N,реал.г	18,5				18,5				18,5			
Р реал.г	3,7				3,7				3,7			
М,г	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20
N,т.шт.	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23
Р, т.шт.	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5
Ап шт./м ²	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500
П, кг /м ²	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70
N,реал.г		18,5				18,5				18,5		
Р реал.г		3,7				3,7				3,7		
М,г	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1
N,т.шт.	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28
Р, т.шт.	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03
Ап шт./м ²	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000
П, кг /м ²	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7
N,реал.г			18,5				18,5				18,5	
Р реал.г			3,7				3,7				3,7	

Таблица 7.23 - Алгоритм выращивания молоди клариевого сома – 1 этап (9-12 циклы: сентябрь-декабрь)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М, г	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200
N, т.шт.	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5
Р, т.шт.	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7
Ап шт./м ²	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700
П, кг /м ²	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540
N,реал.г				18,5				18,5				18,5
Р реал.г				3,7				3,7				3,7
М, г	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80
N, т.шт.	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5
Р, т.шт.	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7
Ап шт./м ²	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900
П, кг /м ²	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230
N, реал.г	18,5				18,5				18,5			
Р реал.г	3,7				3,7				3,7			
М,г	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20
N, т.шт.	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23
Р, т.шт.	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5
Ап шт./м ²	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500

Окончание таблицы 7.23

П, кг /м ²	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70
N, реал.т		18,5				18,5				18,5		
Р реал.т		3,7				3,7				3,7		
М, г	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1
N, т.шт.	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28
Р, т.шт.	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03
Ап шт./м ²	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000
П, кг /м ²	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7
N, реал.т			18,5				18,5				18,5	
Р реал.т			3,7				3,7				3,7	
Р реал.т	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
$\Sigma_{\text{год}} = 133, 2 \text{ т}$												
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200
N,т.шт.	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5
Р, т.шт.	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7
Ап шт./м ²	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700
П, кг /м ²	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540
N,реал.т				18,5				18,5				18,5
Р реал.т				3,7				3,7				3,7
М,г	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80
N,т.шт.	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5
Р, т.шт.	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7
Ап шт./м ²	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900
П, кг /м ²	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230
N,реал.т	18,5				18,5				18,5			
Р реал.т	3,7				3,7				3,7			
М,г	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1	20
N,т.шт.	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23
Р, т.шт.	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5
Ап шт./м ²	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500
П, кг /м ²	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7	70
N,реал.т		18,5				18,5				18,5		
Р реал.т		3,7				3,7				3,7		
М,г	20	80	200	1	20	80	200	1	20	80	200	1
N,т.шт.	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28	23	21,5	18,5	28
Р, т.шт.	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03	0,5	1,7	3,7	0,03
Ап шт./м ²	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000	3500	2900	2700	7000
П, кг /м ²	70	230	540	7	70	230	540	7	70	230	540	7
N,реал.т			18,5				18,5				18,5	
Р реал.т			3,7				3,7				3,7	
Р реал.т	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
$\Sigma_{\text{год}} = 133, 2 \text{ т}$												

Требуемое количество самок – 20 шт., самцов – 80 шт.

Площадь бассейнов 100 м². Площадь бассейнов для самок 4 м². Площадь бассейнов для самцов 16 м².

Мг – средняя масса рыб, грамм; N,т.шт. – количество выращиваемых рыб, тыс.шт.; Р, т.шт. – общая масса выращиваемых рыб, тонн; Ап шт./м² – плотность посадки, штук на м²; П, кг /м² – рыбопродукция, кг на м²; N,реал.т.шт. – количество реализованной рыбы, тыс.шт.; Р реал.т – общая масса реализованной рыбы, тонн.

Таблица 7.24 - Алгоритм выращивания молоди клариевого сома – 2 этап (1-4 циклы: январь-апрель)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000
N,т.шт.	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5
P, т.шт.	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5
Ап шт./м ²	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380
П, кг /м ²	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380
N,реал.т				15,5				15,5				15,5
P реал.т				15,5				15,5				15,5
М,г	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750
N,т.шт.	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0
P, т.шт.	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0
Ап шт./м ²	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390
П, кг /м ²	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290
N,реал.т	15,5				15,5				15,5			
P реал.т	15,5				15,5				15,5			
М,г	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550
N,т.шт.	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5
P, т.шт.	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1
Ап шт./м ²	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400
П, кг /м ²	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220
N,реал.т		15,5				15,5				15,5		
P реал.т		15,5				15,5				15,5		
М,г	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400
N,т.шт.	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17
P, т.шт.	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8
Ап шт./м ²	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405
П, кг /м ²	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160
N,реал.т			15,5				15,5				15,5	
P реал.т			15,5				15,5				15,5	
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000
N,т.шт.	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5
P, т.шт.	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5
Ап шт./м ²	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380
П, кг /м ²	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380
N,реал.т				15,5				15,5				15,5
P реал.т				15,5				15,5				15,5
М,г	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750
N,т.шт.	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0
P, т.шт.	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0
Ап шт./м ²	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390
П, кг /м ²	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290
N,реал.т	15,5				15,5				15,5			
P реал.т	15,5				15,5				15,5			
М,г	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550
N,т.шт.	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5
P, т.шт.	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1
Ап шт./м ²	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400
П, кг /м ²	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220
N,реал.т		15,5				15,5				15,5		
P реал.т		15,5				15,5				15,5		
М,г	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400
N,т.шт.	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17
P, т.шт.	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8

Окончание таблицы 7.24

Ап шт./м ²	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405
П, кг /м ²	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160
N,реал.т			15,5				15,5				15,5	
Р реал.т			15,5				15,5				15,5	

Таблица 7.25 - Алгоритм выращивания молоди клариевого сома – 2 этап (5-8 циклы: май-август)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000
N,т.шт.	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5
Р, т.шт.	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5
Ап шт./м ²	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380
П, кг /м ²	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380
N,реал.т				15,5				15,5				15,5
Р реал.т				15,5				15,5				15,5
М,г	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750
N,т.шт.	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0
Р, т.шт.	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0
Ап шт./м ²	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390
П, кг /м ²	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290
N,реал.т	15,5				15,5				15,5			
Р реал.т	15,5				15,5				15,5			
М,г	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550
N,т.шт.	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5
Р, т.шт.	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1
Ап шт./м ²	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400
П, кг /м ²	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220
N,реал.т		15,5				15,5				15,5		
Р реал.т		15,5				15,5				15,5		
М,г	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400
N,т.шт.	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17
Р, т.шт.	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8
Ап шт./м ²	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405
П, кг /м ²	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160
N,реал.т			15,5				15,5				15,5	
Р реал.т			15,5				15,5				15,5	
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000
N,т.шт.	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5
Р, т.шт.	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5
Ап шт./м ²	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380
П, кг /м ²	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380
N,реал.т				15,5				15,5				15,5
Р реал.т				15,5				15,5				15,5
М,г	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750
N,т.шт.	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0
Р, т.шт.	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0
Ап шт./м ²	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390
П, кг /м ²	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290
N,реал.т	15,5				15,5				15,5			
Р реал.т	15,5				15,5				15,5			

Окончание таблицы 7.25

М,г	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550
N,т.шт.	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5
P, т.шт.	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1
Ап шт./м ²	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400
П, кг /м ²	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220
N,реал.г		15,5				15,5				15,5		
P реал.г		15,5				15,5				15,5		
М,г	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400
N,т.шт.	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17
P, т.шт.	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8
Ап шт./м ²	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405
П, кг /м ²	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160
N,реал.г			15,5				15,5				15,5	
P реал.г			15,5				15,5				15,5	

Таблица 7.26 - Алгоритм выращивания молоди клариевого сома – 2 этап (9-12 циклы: сентябрь-декабрь)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000
N,т.шт.	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5
P, т.шт.	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5
Ап шт./м ²	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380
П, кг /м ²	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380
N,реал.г				15,5				15,5				15,5
P реал.г				15,5				15,5				15,5
М,г	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750
N,т.шт.	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0
P, т.шт.	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0
Ап шт./м ²	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390
П, кг /м ²	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290
N,реал.г	15,5				15,5				15,5			
P реал.г	15,5				15,5				15,5			
М,г	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550
N,т.шт.	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5
P, т.шт.	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1
Ап шт./м ²	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400
П, кг /м ²	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220
N,реал.г		15,5				15,5				15,5		
P реал.г		15,5				15,5				15,5		
М,г	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400
N,т.шт.	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17
P, т.шт.	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8
Ап шт./м ²	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405
П, кг /м ²	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160
N,реал.г			15,5				15,5				15,5	
P реал.г			15,5				15,5				15,5	
P реал.г	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5
∑ год = 558 г												
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000
N,т.шт.	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5
P, т.шт.	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5
Ап шт./м ²	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380

Окончание таблицы 7.26

П, кг /м ²	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380
N,реал.т				15,5				15,5				15,5
Р реал.т				15,5				15,5				15,5
М,г	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750
N,т.шт.	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0
Р, т.шт.	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0
Ап шт./м ²	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390
П, кг /м ²	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290
N,реал.т	15,5				15,5				15,5			
Р реал.т	15,5				15,5				15,5			
М,г	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550
N,т.шт.	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5
Р, т.шт.	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1
Ап шт./м ²	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405	400
П, кг /м ²	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160	220
N,реал.т		15,5				15,5				15,5		
Р реал.т		15,5				15,5				15,5		
М,г	550	750	1000	400	550	750	1000	400	550	750	1000	400
N,т.шт.	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17	16,5	16,0	15,5	17
Р, т.шт.	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8	9,1	12,0	15,5	6,8
Ап шт./м ²	400	390	380	405	400	390	380	405	400	390	380	405
П, кг /м ²	220	290	380	160	220	290	380	160	220	290	380	160
N,реал.т			15,5				15,5				15,5	
Р реал.т			15,5				15,5				15,5	
Р реал.т	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5
$\Sigma_{\text{год}} = 558 \text{ т}$												

Площадь бассейнов 500 м².

Мг – средняя масса рыб, грамм; N,т.шт. – количество выращиваемых рыб, тыс.шт.; Р, т.шт. – общая масса выращиваемых рыб, тонн; Ап шт./м² – плотность посадки, штук на м²; П, кг /м² – рыбопродукция, кг на м²; N,реал.т.шт. – количество реализованной рыбы, тыс.шт.; Р реал.т – общая масса реализованной рыбы, тонн.

Таблица 7.27 – Алгоритм выращивания посадочного материала канального сома в режиме полицикла

Месяц	Группы посадочного материала		
	I	II	III
1	X		X
2	X		X
3	X	X	X
4	X	X	X
5	X	X	X
6	X	X	X
7		X	X
8		X	X
9		X	X
10		X	X
11		X	X
12		X	X
13	X		X
14	X		X
15	X	X	X

Окончание таблицы 7.27

16	X	X		X
17	X	X	X	
18	X	X	X	
19		X	X	X
20		X	X	X
21		X	X	X
22		X	X	X
23		X	X	X
24		X	X	X

x – выращивание молоди сома

Таблица 7.28 – Алгоритм выращивания товарной стерляди в режиме полицикла (четырёхмесячный цикл)

Месяц	Группы товарной стерляди			
	I	II	III	IV
1				
2				
3	X			
4	X			
5	X			
6	X	X		
7		X		
8		X		
9		X	X	
10			X	
11			X	
12			X	X
13				X
14				X
15	X			X
16	X			
17	X			
18	X	X		
19		X		
20		X		
21		X	X	
22			X	
23			X	
24			X	X

x – месяцы выращивания товарной стерляди

Таблица 7.29 – Алгоритм выращивания товарной стерляди в режиме полицикла (шестимесячный цикл)

Месяц	Группы товарной стерляди			
	I	II	III	IV
1			X	
2			X	X
3			X	X
4			X	X
5	X			X
6	X			X
7	X			X
8	X	X		
9	X	X		
10	X	X		
11		X	X	
12		X	X	
13		X	X	
14			X	X
15			X	X
16			X	X
17	X			X
18	X			X
19	X			X
20	X	X		
21	X	X		
22	X	X		
23		X	X	
24		X	X	

x – месяцы выращивания товарной стерляди

Таблица 7.30 – Алгоритм выращивания товарного судака в режиме полицикла на первом этапе

Месяц	Группы товарного судака			
	I	II	III	IV
1			X	X
2			X	X
3			X	X
4	X			X
5	X			X
6	X			X
7	X	X		
8	X	X		
9	X	X		
10		X	X	
11		X	X	
12		X	X	
13			X	X
14			X	X
15			X	X

Окончание таблицы 7.30

16	X			X
17	X			X
18	X			X
19	X	X		
20	X	X		
21	X	X		
22		X	X	
23		X	X	
24		X	X	

x – месяцы выращивания судака

Таблица 7.31 – Алгоритм выращивания товарного судака в режиме полицикла на втором этапе

Месяц	Группы товарного судака			
	I	II	III	IV
1	X	X		
2	X	X		
3	X	X		
4		X	X	
5		X	X	
6		X	X	
7			X	X
8			X	X
9			X	X
10	X			X
11	X			X
12	X			X
13	X	X		
14	X	X		
15	X	X		
16		X	X	
17		X	X	
18		X	X	
19			X	X
20			X	X
21			X	X
22	X			X
23	X			X
24	X			X

x – месяцы выращивания судака

Таблица 7.32 – Алгоритм выращивания товарного судака (первый год)

Группы	Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	М, г	140	200	270	340	420	500	140	200	270	340	420	500
	Н, т.шт.	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60
	Р, г	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30
	Ап шт./м ²	400	394	388	381	380	375	400	394	388	381	380	375

Окончание таблицы 7.32

1	П, кг /м ²	56	79	105	130	159	187	56	79	105	130	159	187
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	60
	Р реал.т	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	30
2	М,г	500	140	200	270	340	420	500	140	200	270	340	420
	N,т.шт.	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5
	Р, т	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4
	Ап шт./м ²	375	400	394	388	381	380	375	400	394	388	381	380
	П, кг /м ²	187	56	79	105	130	159	187	56	79	105	130	159
	N,реал.тыс.шт.	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-
	Р реал.т	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-
3	М,г	420	500	140	200	270	340	420	500	140	200	270	340
	N,т.шт.	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61
	Р, т	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7
	Ап шт./м ²	380	375	400	394	388	381	380	375	400	394	388	381
	П, кг /м ²	159	187	56	79	105	130	159	187	56	79	105	130
	N,реал.тыс.шт.	-	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-
	Р реал.т	-	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-
4	М,г	340	420	500	140	200	270	340	420	500	140	200	270
	N,т.шт.	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62
	Р, т	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7
	Ап шт./м ²	381	380	375	400	394	388	381	380	375	400	394	388
	П, кг /м ²	130	159	187	56	79	105	130	159	187	56	79	105
	N,реал.тыс.шт.	-	-	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-
	Р реал.т	-	-	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-
5	М,г	270	340	420	500	140	200	270	340	420	500	140	200
	N,т.шт.	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63
	Р, т	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6
	Ап шт./м ²	388	381	380	375	400	394	388	381	380	375	400	394
	П, кг /м ²	105	130	159	187	56	79	105	130	159	187	56	79
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	60	-	-	-	-	-	60	-	-
	Р реал.т	-	-	-	30	-	-	-	-	-	30	-	-
6	М,г	200	270	340	420	500	140	200	270	340	420	500	140
	N,т.шт.	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64
	Р, т	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0
	Ап шт./м ²	394	388	381	380	375	400	394	388	381	380	375	400
	П, кг /м ²	79	105	130	159	187	56	79	105	130	159	187	56
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	60	-
	Р реал.т	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	30	-
Итого	Р реал.т ежемесячно	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Таблица 7.33 – Алгоритм выращивания товарного судака (второй год)

Группы	Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	М,г	140	200	270	340	420	500	140	200	270	340	420	500
	N,т.шт.	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60
	Р, т	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30
	Ап шт./м ²	400	394	388	381	380	375	400	394	388	381	380	375
	П, кг /м ²	56	79	105	130	159	187	56	79	105	130	159	187
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	60
	Р реал.т	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	30
2	М,г	500	140	200	270	340	420	500	140	200	270	340	420
	N,т.шт.	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5
	Р, т	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4

Окончание таблицы 7.33

	Ап шт./м ²	375	400	394	388	381	380	375	400	394	388	381	380	
	П, кг /м ²	187	56	79	105	130	159	187	56	79	105	130	159	
	N,реал.тыс.шт.	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	
	Р реал.т	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	
3	М,г	420	500	140	200	270	340	420	500	140	200	270	340	
	N,т.шт.	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	
	Р, т	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	
	Ап шт./м ²	380	375	400	394	388	381	380	375	400	394	388	381	
	П, кг /м ²	159	187	56	79	105	130	159	187	56	79	105	130	
	N,реал.тыс.шт.	-	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-
	Р реал.т	-	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-
4	М,г	340	420	500	140	200	270	340	420	500	140	200	270	
	N,т.шт.	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	62	
	Р, т	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	
	Ап шт./м ²	381	380	375	400	394	388	381	380	375	400	394	388	
	П, кг /м ²	130	159	187	56	79	105	130	159	187	56	79	105	
	N,реал.тыс.шт.	-	-	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-
	Р реал.т	-	-	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-
5	М,г	270	340	420	500	140	200	270	340	420	500	140	200	
	N,т.шт.	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	63	
	Р, т	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	
	Ап шт./м ²	388	381	380	375	400	394	388	381	380	375	400	394	
	П, кг /м ²	105	130	159	187	56	79	105	130	159	187	56	79	
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	60	-	-	-	-	-	60	-	-	-
	Р реал.т	-	-	-	30	-	-	-	-	-	30	-	-	-
6	М,г	200	270	340	420	500	140	200	270	340	420	500	140	
	N,т.шт.	63	62	61	60,5	60	64	63	62	61	60,5	60	64	
	Р, т	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	12,6	16,7	20,7	25,4	30	9,0	
	Ап шт./м ²	394	388	381	380	375	400	394	388	381	380	375	400	
	П, кг /м ²	79	105	130	159	187	56	79	105	130	159	187	56	
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	60	-
	Р реал.т	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	30	-
Итого	Р реал.т помесячно	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Итого за год 360 т товарного судака. Состав маточного стада: 48 самок и 96 самцов. М,г – средняя масса рыб на конец месяца; N,т.шт. – количество рыб на конец месяца; Р, т – масса рыб на конец месяца; Ап шт./м² – плотность посадки; П, кг /м² – рыбопродукция на конец месяца; N,реал.тыс.шт. – количество реализуемой рыбы; Р реал.т – общая масса реализуемой рыбы.

Таблица 7.34 - Алгоритм выращивания товарного клариевого сома – 3 этап (1-4 циклы: январь-апрель)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000
N,т.шт.	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9
Р, т.шт.	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8
Ап шт./м ²	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170
П, кг /м ²	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340
N,реал.т				13,9				13,9				13,9
Р реал.т				27,8				27,8				27,8
М,г	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750
N,т.шт.	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0
Р, т.шт.	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5
Ап шт./м ²	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175

Окончание таблицы 7.34

П, кг /м ²	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300
N,реал.г	13,9				13,9				13,9			
Р реал.г	27,8				27,8				27,8			
М,г	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500
N,т.шт.	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5
Р, т.шт.	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8
Ап шт./м ²	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180
П, кг /м ²	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270
N,реал.г		13,9				13,9				13,9		
Р реал.г		27,8				27,8				27,8		
М,г	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250
N,т.шт.	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0
Р, т.шт.	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8
Ап шт./м ²	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185
П, кг /м ²	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230
N,реал.г			13,9				13,9				13,9	
Р реал.г			27,8				27,8				27,8	
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000
N,т.шт.	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9
Р, т.шт.	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8
Ап шт./м ²	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170
П, кг /м ²	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340
N,реал.г				13,9				13,9				13,9
Р реал.г				27,8				27,8				27,8
М,г	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750
N,т.шт.	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0
Р, т.шт.	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5
Ап шт./м ²	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175
П, кг /м ²	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300
N,реал.г	13,9				13,9				13,9			
Р реал.г	27,8				27,8				27,8			
М,г	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500
N,т.шт.	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5
Р, т.шт.	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8
Ап шт./м ²	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180
П, кг /м ²	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270
N,реал.г		13,9				13,9				13,9		
Р реал.г		27,8				27,8				27,8		
М,г	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250
N,т.шт.	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0
Р, т.шт.	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8
Ап шт./м ²	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185
П, кг /м ²	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230
N,реал.г			13,9				13,9				13,9	
Р реал.г			27,8				27,8				27,8	

Таблица 7.35 - Алгоритм выращивания товарного клариевого сома – 3 этап (5-8 циклы: май-август)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000
N,т.шт.	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9

Окончание таблицы 7.35

Р, т.шт.	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8
Ап шт./м ²	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170
П, кг /м ²	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340
N,реал.т				13,9				13,9				13,9
Р реал.т				27,8				27,8				27,8
М,г	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750
N,т.шт.	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0
Р, т.шт.	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5
Ап шт./м ²	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175
П, кг /м ²	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300
N,реал.т	13,9				13,9				13,9			
Р реал.т	27,8				27,8				27,8			
М,г	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500
N,т.шт.	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5
Р, т.шт.	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8
Ап шт./м ²	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180
П, кг /м ²	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270
N,реал.т		13,9				13,9				13,9		
Р реал.т		27,8				27,8				27,8		
М,г	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250
N,т.шт.	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0
Р, т.шт.	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8
Ап шт./м ²	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185
П, кг /м ²	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230
N,реал.т			13,9				13,9				13,9	
Р реал.т			27,8				27,8				27,8	
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000
N,т.шт.	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9
Р, т.шт.	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8
Ап шт./м ²	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170
П, кг /м ²	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340
N,реал.т				13,9				13,9				13,9
Р реал.т				27,8				27,8				27,8
М,г	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750
N,т.шт.	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0
Р, т.шт.	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5
Ап шт./м ²	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175
П, кг /м ²	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300
N,реал.т	13,9				13,9				13,9			
Р реал.т	27,8				27,8				27,8			
М,г	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500
N,т.шт.	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5
Р, т.шт.	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8
Ап шт./м ²	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180
П, кг /м ²	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270
N,реал.т		13,9				13,9				13,9		
Р реал.т		27,8				27,8				27,8		
М,г	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250
N,т.шт.	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0
Р, т.шт.	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8
Ап шт./м ²	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185
П, кг /м ²	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230
N,реал.т			13,9				13,9				13,9	
Р реал.т			27,8				27,8				27,8	

Таблица 7.36 - Алгоритм выращивания товарного клариевого сома – 3 этап (9-12 циклы: сентябрь-декабрь)

первый год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000
N,т.шт.	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9
P, т.шт.	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8
Ап шт./м ²	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170
П, кг /м ²	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340
N,реал.т				13,9				13,9				13,9
P реал.т				27,8				27,8				27,8
М,г	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750
N,т.шт.	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0
P, т.шт.	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5
Ап шт./м ²	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175
П, кг /м ²	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300
N,реал.т	13,9				13,9				13,9			
P реал.т	27,8				27,8				27,8			
М,г	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500
N,т.шт.	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5
P, т.шт.	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8
Ап шт./м ²	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180
П, кг /м ²	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270
N,реал.т		13,9				13,9				13,9		
P реал.т		27,8				27,8				27,8		
М,г	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250
N,т.шт.	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0
P, т.шт.	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8
Ап шт./м ²	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185
П, кг /м ²	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230
N,реал.т			13,9				13,9				13,9	
P реал.т			27,8				27,8				27,8	
P реализац. год	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4
$\sum_{\text{год}} = 1000 \text{ т}$												
второй год												
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
М,г	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000
N,т.шт.	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9
P, т.шт.	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8
Ап шт./м ²	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170
П, кг /м ²	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340
N,реал.т				13,9				13,9				13,9
P реал.т				27,8				27,8				27,8
М,г	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750
N,т.шт.	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0
P, т.шт.	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5
Ап шт./м ²	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175
П, кг /м ²	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300
N,реал.т	13,9				13,9				13,9			
P реал.т	27,8				27,8				27,8			
М,г	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500
N,т.шт.	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5
P, т.шт.	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8
Ап шт./м ²	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185	180
П, кг /м ²	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230	270
N,реал.т		13,9				13,9				13,9		
P реал.т		27,8				27,8				27,8		
М,г	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250	1500	1750	2000	1250

Окончание таблицы 7.36

N, т.шт.	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0	14,5	14,0	13,9	15,0
P, т.шт.	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8	21,8	24,5	27,8	18,8
Ап шт./м ²	180	175	170	185	180	175	170	185	180	175	170	185
П, кг /м ²	270	300	340	230	270	300	340	230	270	300	340	230
N,реал.т			13,9				13,9				13,9	
P реал.т			27,8				27,8				27,8	
P реализац. год	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4
$\sum_{\text{год}} = 1000 \text{ т}$												

Площадь бассейнов 1000 м².

Mг – средняя масса рыб, грамм; N, т.шт. – количество выращиваемых рыб, тыс.шт.; P, т.шт. – общая масса выращиваемых рыб, тонн; Ап шт./м² – плотность посадки, штук на м²; П, кг /м² – рыбопродукция, кг на м²; N, реал.т.шт. – количество реализованной рыбы, тыс.шт.; P реал.т – общая масса реализованной рыбы, тонн.

Таблица 7.37 - Алгоритм выращивания клариевого сома (I-IV)

первый год													
Группы	Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	M,г	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000
	N,т.шт.	100	90	82	80	100	90	82	80	100	90	82	80
	P, т	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80
	Ап тыс. шт./м ²	420	375	342	333	420	375	342	333	420	375	342	333
	П, кг /м ²	4	45	137	333	4	45	137	333	4	45	137	333
	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80
	P реал.т	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80
2	M,г	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400
	N,т.шт.	80	100	90	82	80	100	90	82	80	100	90	82
	P, т	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8
	Ап тыс. шт./м ²	333	420	375	342	333	420	375	342	333	420	375	342
	П, кг /м ²	333	4	45	137	333	4	45	137	333	4	45	137
	N,реал.тыс.шт.	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-
	P реал.т	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-
3	M,г	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120
	N,т.шт.	82	80	100	90	82	80	100	90	82	80	100	90
	P, т	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8
	Ап тыс. шт./м ²	342	333	420	375	342	333	420	375	342	333	420	375
	П, кг /м ²	137	333	4	45	137	333	4	45	137	333	4	45
	N,реал.тыс.шт.	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-
	P реал.т	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-
4	M,г	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10
	N,т.шт.	90	82	80	100	90	82	80	100	90	82	80	100
	P, т	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1
	Ап тыс. шт./м ²	375	342	333	420	375	342	333	420	375	342	333	420
	П, кг /м ²	45	137	333	4	45	137	333	4	45	137	333	4
	N,реал.тыс.шт.	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-
	P реал.т	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-
Итого P реал.т ежемесячно		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
второй год													
Группы	Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	M,г	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000
	N,т.шт.	100	90	82	80	100	90	82	80	100	90	82	80
	P, т	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80
	Ап тыс. шт./м ²	420	375	342	333	420	375	342	333	420	375	342	333
	П, кг /м ²	4	45	137	333	4	45	137	333	4	45	137	333

Окончание таблицы 7.37

	N,реал.тыс.шт.	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80
	Р реал.т	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80
2	М,г	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400
	N,т.шт.	80	100	90	82	80	100	90	82	80	100	90	82
	Р, т	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8
	Ап тыс. шт./м ²	333	420	375	342	333	420	375	342	333	420	375	342
	П, кг /м ²	333	4	45	137	333	4	45	137	333	4	45	137
	N,реал.тыс.шт.	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-
	Р реал.т	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-
3	М,г	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120
	N,т.шт.	82	80	100	90	82	80	100	90	82	80	100	90
	Р, т	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8
	Ап тыс. шт./м ²	342	333	420	375	342	333	420	375	342	333	420	375
	П, кг /м ²	137	333	4	45	137	333	4	45	137	333	4	45
	N,реал.тыс.шт.	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-
	Р реал.т	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-	-
4	М,г	120	400	1000	10	120	400	1000	10	120	400	1000	10
	N,т.шт.	90	82	80	100	90	82	80	100	90	82	80	100
	Р, т	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1	10,8	32,8	80	1
	Ап тыс. шт./м ²	375	342	333	420	375	342	333	420	375	342	333	420
	П, кг /м ²	45	137	333	4	45	137	333	4	45	137	333	4
	N,реал.тыс.шт.	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-
	Р реал.т	-	-	80	-	-	-	80	-	-	-	80	-
Итого Р реал.т ежемесячно		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Итого за год 960 т товарной рыбы. Состав маточного стада: 40 самок и 240 самцов.

М,г – средняя масса рыб на конец месяца; N,т.шт. – количество рыб на конец месяца; Р, т – масса рыб на конец месяца; Ап тыс.шт./м² – плотность посадки; П, кг /м² – рыбопродукция на конец месяца; N,реал.тыс.шт. – количество реализуемой рыбы; Р реал.т – общая масса реализуемой рыбы.

Таблица 7.38 – Алгоритм выращивания товарного канального сома в режиме полицикла

Месяц	Группы канального сома		
	I	II	III
1	X	X	X
2	X	X	X
3	X	X	X
4	X	X	X
5	X	X	X
6	X	X	X
7	X	X	X
8	X	X	X
9	X	X	X
10	X	X	X
11	X	X	X
12	X	X	X
13	X	X	X
14	X	X	X
15	X	X	X
16	X	X	X
17	X	X	X
18	X	X	X
19	X	X	X
20	X	X	X
21	X	X	X
22	X	X	X
23	X	X	X
24	X	X	X

x – месяцы выращивания сома

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица 8.1 – Показатели крови самцов радужной форели

Показатель	Апрель (1 ⁰)			Июнь (1 ⁰)			Сентябрь (1 ⁺)		
	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ
Гемоглобин (Hb), г · л ⁻¹	$\frac{88.67 \pm 7.17^3}{81-103}$	14,01	12,42	$\frac{108.00 \pm 8.50}{87-125}$	15,73	16,99	$\frac{123.00 \pm 1.15^{**}}{121-125}$	1,88	2,31
Содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ), пг	$\frac{63.98 \pm 6.56^2}{51.43-73.57}$	17,76	11,36	$\frac{79.23 \pm 9.59}{55.24-98.04}$	24,2	19,18	$\frac{86.71 \pm 0.29}{86.21-87.21}$	0,67	0,58
Цветной показатель (ЦП)	$\frac{1.92 \pm 0.20^2}{1.54-2.21}$	17,76	0,34	$\frac{2.38 \pm 0.29}{1.66-2.94}$	24,2	0,58	$\frac{2.60 \pm 0.01}{2.59-2.62}$	0,67	0,02
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч	$\frac{3.33 \pm 0.33}{3.00-4.00}$	17,3	0,58	$\frac{4.17 \pm 0.88}{2.50-6.00}$	42,14	1,76	$\frac{2.50 \pm 0.58}{1.50-3.50}$	46,19	1,15
Эритроциты (Эр), Г · л ⁻¹	$\frac{1.40 \pm 0.10}{1.23-1.58}$	12,50	0,17	$\frac{1.39 \pm 0.07}{1.28-1.58}$	9,81	0,14	$\frac{1.42 \pm 0.02^{**}}{1.39-1.45}$	2,54	0,04
Лейкоциты (Л), Г · л ⁻¹	$\frac{23.57 \pm 3.33^{3*}}{17.15-28.35}$	24,51	5,78	$\frac{31.40 \pm 2.89^2}{25.2-38.25}$	18,43	5,79	$\frac{18.35 \pm 2.22}{14.50-22.20}$	24,23	4,45
Эр/Л	$\frac{60.85 \pm 5.29^{3**}}{55.56-71.43}$	15,06	9,16	$\frac{45.73 \pm 5.77^1}{33.33-55.56}$	25,24	11,54	$\frac{81.25 \pm 10.83}{62.50-100.0}$	26,65	21,65
ОБС, г · л ⁻¹	-	-	-	$\frac{43.57 \pm 14.86}{14.7-64.1}$	59,10	25,73	-	-	-
Коллоидная устойчивость сывороточных белков (КСБ), % CaCl ₂	$\frac{0.08 \pm 0.01}{0.06-0.09}$	19,92	0,02	$\frac{0.08 \pm 0.01}{0.06-0.09}$	17,21	0,01	-	-	-

Окончание таблицы 8.1

Показатель	Апрель (1 ⁰)			Июнь (1 ⁰)			Сентябрь (1 ⁺)		
	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ
<i>лейкоцитарная формула</i>									
Миелоциты нейтрофильные	$\frac{3.00 \pm 1.53}{1.0-6.0}$	88,19	2,65	$\frac{4.13 \pm 1.56}{1.0-7.5}$	75,62	3,12	$\frac{1.25 \pm 0.43}{0.5-2.0}$	69,28	0,87
Метамиелоциты нейтрофильные	$\frac{3.67 \pm 1.20}{2.0-6.0}$	56,77	2,08	$\frac{3.50 \pm 1.19}{1.0-6.0}$	68,01	2,38	$\frac{1.50 \pm 0.87}{0.0-3.0}$	115,47	1,73
Палочкоядерные нейтрофилы	$\frac{3.67 \pm 1.20}{2.0-6.0}$	56,77	2,08	$\frac{3.00 \pm 1.00}{2.0-6.0}$	66,67	2,00	$\frac{3.00 \pm 1.73}{0.0-6.0}$	115,47	3,46
Сегментоядерные нейтрофилы	$\frac{15.00 \pm 7.55}{6.0-30.0}$	87,18	13,08	$\frac{11.38 \pm 6.51}{6.0-30.0}$	11,38	6,51	$\frac{4.50 \pm 2.60}{0.0-9.0}$	115,47	5,20
Всего нейтрофилов	$\frac{25.33 \pm 0.11.46}{11.0-48.0}$	78,4	19,86	$\frac{22.00 \pm 9.53}{5.0-48.0}$	86,6	19,06	$\frac{10.25 \pm 5.63}{0.5-20.0}$	109,84	11,26
Псевдо-эозинофилы	—	-	-	—	-	-	$\frac{0.50 \pm 0.29}{0.0-1.0}$	115,47	0,58
Псевдо-базофилы	$\frac{0.17 \pm 0.17}{0.0-0.5}$	173,21	0,29	$\frac{0.13 \pm 0.13^1}{0.0-0.5}$	200	0,25	$\frac{0.50 \pm 0.0}{0.5-0.5}$	0,0	0,0
Моноциты	$\frac{0.33 \pm 0.33}{0.0-1.0}$	173,21	0,58	$\frac{0.63 \pm 0.24}{0.0-1.0}$	76,59	0,48	$\frac{0.75 \pm 0.14^*}{0.5-1.0}$	38,49	0,29
Малые лимфоциты	$\frac{74.17 \pm 11.73}{51.0-89.0}$	27,40	20,32	$\frac{77.25 \pm 9.52}{51-94}$	24,64	19,03	$\frac{88.00 \pm 6.06}{77.5-98.5}$	13,78	12,12
Индекс сдвига (ядер нейтрофилов)	$\frac{0.774 \pm 0.089}{0.600-0.889}$	19,8	0,15	$\frac{0.740 \pm 0.315}{0.000-1.526}$	85,3	0,63	$\frac{0.61 \pm 0.35}{0.0-1.22}$	115,47	0,71
Индекс сдвига лейкоцитов	$\frac{0.420 \pm 0.253}{0.124-0.923}$	104,4	0,44	$\frac{0.355 \pm 0.197}{0.058-0.923}$	111,0	0,39	$\frac{0.14 \pm 0.07}{0.01-0.261}$	106,87	0,14

*, **, *** - различия достоверны между самками и самцами при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$; ^{1, 2, 3} - достоверно отличается от показателя в апреле при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$; ^{1, 2, 3} - достоверно отличается от показателя в сентябре при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$

Таблица 8.2 – Показатели крови самок радужной форели

Показатель	Апрель (1 ⁰)			Июнь (1 ⁰)			Сентябрь (1 ⁺)		
	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ
Гемоглобин (Hb), г · л ⁻¹	$\frac{80,00 \pm 1,00^3}{79-82}$	2,17	1,73	$\frac{113,40 \pm 6,14^2}{99-132}$	12,10	13,72	$\frac{108,00 \pm 2,89^{**}}{103-113}$	5,35	5,77
Содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ), пг	$\frac{57,07 \pm 5,81^1}{46,81-66,94}$	17,64	10,07	$\frac{81,22 \pm 2,24^1}{75,83-89,45}$	6,16	5,00	$\frac{105,28 \pm 12,73}{83,23-127,32}$	24,18	25,46
Цветной показатель (ЦП)	$\frac{1,71 \pm 0,17^1}{1,40-2,01}$	17,64	0,30	$\frac{2,44 \pm 0,07^1}{2,27-2,68}$	6,16	0,15	$\frac{3,16 \pm 0,38}{2,50-3,82}$	24,18	0,76
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч	$\frac{2,67 \pm 0,33}{2,0-3,0}$	21,65	0,58	$\frac{2,70 \pm 0,41}{1,50-3,50}$	33,64	0,91	$\frac{2,75 \pm 0,72}{1,5-4,0}$	52,49	1,44
Эритроциты (Эр), Г · л ⁻¹	$\frac{1,43 \pm 0,14}{1,23-1,69}$	16,51	0,24	$\frac{1,40 \pm 0,07^1}{1,23-1,65}$	11,60	0,16	$\frac{1,06 \pm 0,10^{**}}{0,89-1,24}$	19,02	0,20
Лейкоциты (Л), Г · л ⁻¹	$\frac{44,41 \pm 3,50^{3*}}{38,5-50,63}$	13,66	6,07	$\frac{31,30 \pm 6,50^1}{17,15-49,50}$	46,41	14,53	$\frac{12,75 \pm 1,21}{10,65-14,85}$	19,02	2,42
Эр/Л	$\frac{32,28 \pm 2,35^{3**}}{22,78-35,71}$	12,62	4,07	$\frac{51,82 \pm 8,74^2}{27,78-71,43}$	37,73	119,55	$\frac{83,33 \pm 0,00}{83,33}$	0,00	0,00
ОБС, г · л ⁻¹	-	-	-	$\frac{46,43 \pm 9,88}{22,30-69,40}$	42,56	19,76	$\frac{52,53 \pm 13,42}{29,3-75,8}$	44,26	23,25
Коллоидная устойчивость сывороточных белков (КСБ), % CaCl ₂	$\frac{0,08 \pm 0,00}{0,08}$	0,00	0,00	$\frac{0,06 \pm 0,01}{0,03-0,08}$	40,16	0,02	-	-	-

Окончание таблицы 8.2

Показатель	Апрель (1 ⁰)			Июнь (1 ⁰)			Сентябрь (1 ⁺)		
	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ	$\frac{M \pm m}{Lim}$	CV, %	σ
<i>лейкоцитарная формула, %</i>									
Миелоциты нейтрофильные	$\frac{1,50 \pm 1,50}{0,5-2,0}$	54,74	0,87	$\frac{3,50 \pm 1,64}{1,0-10,0}$	104,98	3,67	$\frac{3,50 \pm 0,87}{2,0-5,0}$	49,49	1,73
Метамиелоциты нейтрофильные	$\frac{1,83 \pm 0,83}{1,0-3,5}$	78,73	1,44	$\frac{3,50 \pm 0,52}{2,5-5,5}$	33,50	1,17	$\frac{3,00 \pm 0,00}{3,00}$	0,00	0,00
Палочкоядерные нейтрофилы	$\frac{3,83 \pm 0,93}{2,0-5,0}$	41,93	1,61	$\frac{2,00 \pm 0,63}{1,0-3,0}$	70,71	1,41	$\frac{4,00 \pm 0,00}{4,0}$	0,00	0,00
Сегментоядерные нейтрофилы	$\frac{0,50 \pm 0,50^1}{0,0-1,5}$	173,21	0,87	$\frac{6,90 \pm 0,98^2}{4,0-9,0}$	31,75	2,19	$\frac{5,55 \pm 1,44}{3,0-8,0}$	52,49	2,89
Всего нейтрофилов	$\frac{7,67 \pm 1,45^2}{5,0-10,0}$	32,8	2,52	$\frac{15,90 \pm 1,89^1}{9,0-20,5}$	26,5	4,22	$\frac{16,00 \pm 0,58}{15,0-17,0}$	7,22	1,15
Псевдо-эозинофилы	—	-	-	—	-	-	$\frac{0,25 \pm 0,17}{0,0-0,5}$	115,47	0,29
Псевдо-базофилы	$\frac{0,50 \pm 0,29}{0,0-1,0}$	100,0	0,50	$\frac{0,30 \pm 0,12}{0,0-0,5}$	91,29	0,27	$\frac{0,25 \pm 0,14}{0,0-0,5}$	115,47	0,29
Моноциты	$\frac{0,50 \pm 0,29}{0,0-1,0}$	100,0	0,50	$\frac{0,30 \pm 0,20}{0,0-1,0}$	149,07	0,45	$\frac{0,25 \pm 0,14^*}{0,0-0,5}$	115,47	0,29
Малые лимфоциты	$\frac{91,33 \pm 1,45^2}{89,0-94,0}$	2,76	2,52	$\frac{83,50 \pm 1,84^1}{79,5-90,5}$	4,94	4,12	$\frac{83,25 \pm 0,43}{82,5-84,0}$	1,04	0,87
Индекс сдвига (ядер нейтрофилов)	$\frac{1,444 \pm 1,44}{0,00-4,33}$	173,2	2,50	$\frac{1,565 \pm 0,648}{0,636-4,125}$	92,6	1,45	$\frac{2,563 \pm 0,830}{1,125-4,00}$	64,78	1,66
Индекс сдвига лейкоцитов	$\frac{0,089 \pm 0,016^3}{0,058-0,111}$	31,0	0,03	$\frac{0,196 \pm 0,026^1}{0,099-0,259}$	30,0	0,06	$\frac{0,195 \pm 0,006}{0,185-0,205}$	6,02	0,01

*, **, *** - различия достоверны между самками и самцами при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$; ^{1, 2, 3} - достоверно отличается от показателя в апреле при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$; ^{1, 2, 3} - достоверно отличается от показателя в сентябре при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$