

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины»

На правах рукописи

ГРИНЮК ЕКАТЕРИНА СЕРГЕЕВНА

**ГИСТОГЕНЕЗ *CLARIAS GARIEPINUS* ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология,
фармакология и токсикология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук

Научный руководитель:
доктор ветеринарных наук, доцент
Мкртчян Маня Эдуардовна

Санкт-Петербург

2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	12
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1 Характеристика <i>Clarias gariepinus</i>	12
1.2 Эмбриональное развитие африканского клариевого сома.....	24
1.3 Влияние абиотических факторов на онтогенез <i>C. gariepinus</i>	27
2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
2.1 Материалы и методы исследований.....	39
2.2 Морфологическая оценка развития органов <i>C. gariepinus</i> на фоне применения кормовых добавок.....	44
2.2.1 Морфология личинок <i>C. gariepinus</i> на 7-й день после выклева.....	45
2.2.2 Морфология мальков <i>C. gariepinus</i> на 14-й день после выклева.....	49
2.2.3 Морфология мальков <i>C. gariepinus</i> на 21-й день после выклева.....	53
2.2.4 Морфология мальков <i>C. gariepinus</i> на 30-й день после выклева.....	55
2.2.5 Морфология мальков <i>C. gariepinus</i> на 60-й день после выклева.....	61
2.2.6 Динамика параметров <i>C. gariepinus</i> в ранние периоды онтогенеза под действием биотических факторов.....	68
2.3 Гистогенез органов <i>C. gariepinus</i> под действием абиотических факторов	72
2.3.1 Эмбриогенез африканского клариевого сома при разных режимах освещенности.....	72
2.3.2 Эмбриогенез <i>C. gariepinus</i> под влиянием различных температурных режимов	77
2.3.3 Динамика размерно-весовых показателей <i>C. gariepinus</i> в ранние периоды онтогенеза под воздействием комплекса абиотических факторов.....	86
2.4 Усовершенствование метода изготовления гистологических препаратов в ранние периоды онтогенеза.....	92

2.5. Оценка эффективности различных методов окраски гистологических препаратов <i>S. gariepinus</i>	96
3. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	105
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	112
5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ.....	114
6. РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	114
7. СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	115
8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Изучение эмбрионального и раннего постэмбрионального развития рыб является актуальным и малоизученным направлением морфологии животных.

Оценка морфологического состояния рыб отражает эффективность отрасли, которая является одним из перспективных направлений и активно поддерживается на государственном уровне.

В Ленинградской области за 2021 год объем производства продукции рыбоводства составил 12,6 тыс. тонн. В основном на товарных рыбоводческих хозяйствах региона выращивается радужная форель (97%), сиг, осетр, карп, клариевый сом, нельма, паляя, судак, креветка.

Согласно данным Комитета по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области, объем средств государственной поддержки, доведенных до предприятий данной отрасли за 2021 год, составил 80 млн. рублей.

В Российской Федерации у населения особый интерес вызывают экзотические животные и объекты рыборазведения из других климатических зон, для обеспечения гисто- и органогенеза которых в ранние периоды онтогенеза, а также развития и роста товарной рыбы, необходимые условия можно создать только в установках замкнутого водоснабжения.

Нас заинтересовал африканский клариевый сом, который получил достаточно широкое распространение в последние годы и успел завоевать большую популярность за свои вкусовые качества. Мясо *Clarias gariepinus* характеризуется высоким содержанием легкоусвояемых жиров и белков, насыщено совокупностью макро- и микроэлементов, обладает нежным, сочным вкусом и является диетическим (Денисенко, О. С., 2013).

Согласно научной литературе, данный вид рыб подвержен существенному воздействию факторов внешней среды, которые влияют не только на микроструктуру органов, но и на их морфометрические показатели

(Любомирова, В. Н. с соавт., 2020; Мухитова, М. Э. с соавт., 2017; Шленкина, Т. М. с соавт., 2020).

Период эмбрионального развития рыбы считается самым главным в формировании организма, так как именно этот этап влияет на дальнейшую продуктивность объектов аквакультуры. Полноценное формирование органов пищеварительной, дыхательной и выделительной систем является залогом реализации данными видами животных своего биотического потенциала.

Одним из критических этапов при органогенезе для рыб является период перехода их на внешнее питание. Важно помнить, что в момент выклева желудочно-кишечный канал рыб содержит незначительную популяцию бактерий и увеличение как количества, так и разнообразия микроорганизмов происходит при поступлении их с водой и кормом при переходе на внешнее питание. Для активного и полноценного завершения органогенеза в постэмбриональный период применяются пробиотические препараты, стимулирующие формирование микробиоты в первые дни жизни (Карпенко, Л. Ю. с соавт., 2022).

В связи с этим изучение процессов гисто- и органогенеза, а также микроструктуры органов африканского клариевого сома под действием биотических и абиотических факторов является актуальным.

Степень разработанности темы. В условиях современного стратегического развития рыбохозяйственного комплекса и необходимости импортозамещения особо значима проблема получения жизнеспособного потомства.

В настоящее время исследований, посвященных изучению эмбрионального развития *C. gariepinus*, а также воздействию пробиотиков на ранние периоды их онтогенеза, как в иностранной, так и отечественной научной литературе недостаточно.

Многие авторы (Бовкун, Г. Ф. с соавт., 2002; Дудикова, Г. Н. с соавт., 2016) указывают на благоприятное воздействие на организм кормовых добавок, в частности пробиотиков, которые способствуют формированию

органов и систем в ранние периоды онтогенеза и улучшают процессы переваривания кормов и всасывания питательных веществ. Важной особенностью клариевого сома является то, что за счет активного обмена веществ происходит ускоренная конверсия кормов.

Данные, которые приводятся в литературе (Медникова, Б. М. с соавт., 2000; Артеменкова, Д. В. с соавт., 2017; Пономаревой, Е. И. с соавт., 2020) относительно оптимальных условий содержания и разведения *C. gariepinus* в установках замкнутого водоснабжения, противоречивы.

На процессы эмбриогенеза и формирования предличинок, личинок и мальков *C. gariepinus* при выращивании рыбы в установках замкнутого водоснабжения существенную роль оказывают абиотические факторы, в частности температура, освещенность и водородный показатель. Нарушение условий инкубации икры и выращивания рыбы может привести к нарушению процессов гисто- и органогенеза рыб, а в последующем к снижению продуктивности, развитию патологий и вплоть до гибели животных.

Цель и задачи исследований. Цель исследования - изучить морфологические особенности гисто- и органогенеза *C. gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов в ранние периоды онтогенеза.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить гистологические особенности органов и тканей *C. gariepinus* в ранние периоды онтогенеза под влиянием лакто- и бифидобактерий;
- 2) дать оценку размерно-весовым показателям африканского клариевого сома в зависимости от возраста и состава кормовых добавок;
- 3) изучить скорость развития клариевого сома в ранние периоды онтогенеза при различных значениях освещенности и температуры воды;
- 4) определить влияние pH среды обитания на эмбриональное развитие *C. gariepinus*.

Научная новизна и ценность полученных результатов. Впервые определены размерно-весовые показатели личинок и мальков *C. gariepinus* в зависимости от возраста и состава кормовых добавок.

Доказано положительное влияние комплекса лакто- и бифидобактерий на микроструктуру органов пищеварительной, мочевыделительной и дыхательной систем клариевого сома.

Изучен эмбриогенез и морфология предличинок *C. gariepinus* при различных режимах температуры, освещенности и значений pH среды обитания.

Применена разработанная и запатентованная гистологическая кассета для исследования микроструктуры предличинок, личинок рыб, позволяющая изготавливать качественные и информативные микропрепараты в спинно-брюшных и латеральных плоскостях (Патент на полезную модель РФ №213986 U1).

Усовершенствован классический протокол изготовления гистологических препаратов личинок и мальков *C. gariepinus*.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные в ходе эксперимента данные о морфологии и гистологическом строении личинок и мальков при добавлении в рацион лакто- и бифидобактерий вносят значительный вклад в изучение эмбриологии и морфологии. Они позволяют подробно изучить микроструктуру внутренних органов клариевого сома в сравнительном видовом аспекте. Результаты исследования используются в научно-исследовательской работе в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на кафедре биологии, экологии и гистологии, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» на кафедре анатомии и физиологии факультета ветеринарной медицины и ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия», на кафедре биотехнологии и ветеринарной медицины факультета технологий животноводства и ветеринарной медицины.

Подобран режим, обеспечивающий полноценное формирование органов африканского клариевого сома в эмбриональный период развития, позволяющий повысить сохранность личинок и мальков, а также получить качественную продукцию для рентабельного ведения рыбоводческого хозяйства, о чем свидетельствует справка о внедрении результатов в производство. Проведенные исследования важны для изучения эмбриогенеза и морфологии африканского клариевого сома при различных условиях инкубации икры и содержания данного вида животных.

Методология и методы исследования. Методология исследований основана на анализе и изучении информации по морфологическому строению органов *C. gariepinus*, представленной в отечественных и зарубежных источниках литературы.

Для решения поставленных задач и выполнения научной работы применялись морфометрические, микроскопические, клинические, патологоанатомические и гистологические методы исследования. В ходе проведенных экспериментов был осуществлен сравнительный анализ эффективности разных методов окраски гистологических препаратов. При комплексной диагностике использованы современные и традиционные методы исследований, включающие: измерение длины тела и головы животных в разные сроки, определение живой массы, процента выклева и выживаемости, а также изучение гистологического строения внутренних органов личинок и мальков рыб.

Изучено воздействие лактобактерий, бифидобактерий и комплекса лакто- и бифидобактерий на развитие пищеварительного канала, а также печени, поджелудочной железы, почек и жаберного аппарата клариевого сома в ранние периоды онтогенеза. Результаты, полученные на основании исследований динамики морфометрических показателей, а также сравнительного анализа, подвергнуты статистической обработке.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным для биологических

исследований и анализа фактическим материалом и применением современных методов исследования, проведенных на сертифицированном оборудовании. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием критерия по Пирсону.

Апробация результатов научной работы проведена на 75-й юбилейной международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной объявленному в 2021 году президентом РФ Путиным В. В. году науки и технологий» (г. Санкт-Петербург, 5-9 апреля 2021 г.); Московском ветеринарном конгрессе - участие в конкурсе «Серебряный микроскоп» (г. Москва, 31 марта - 2 апреля 2021 г.); международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Ю. Ф. Юдичева (г. Тюмень, 26-28 мая 2021 г.); международной научно-практической конференции - СХХХII Международные научные чтения памяти Лосева А. Ф. (г. Москва, 28 декабря 2021 г.); 76-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ (г. Санкт-Петербург, 04-11 апреля 2022 г.); национальной конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (г. Санкт-Петербург, 12-13 мая 2022 г.); Третьей международной конференции «Эколого-биологическое благополучие растительного и животного мира» (г. Благовещенск, 20-21 октября 2022 г.); национальной научно-практической конференции «Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России» (г. Тюмень, 1-3 ноября 2022 г.); в международной научно-практической конференции «Место и роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности страны» (г. Смоленск, 9 декабря 2022 г.); 77-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной 80-летию прорыва блокады Ленинграда (г. Санкт-Петербург, 3-10 апреля 2023 г.), Международной научной конференции «Интеграция аграрной науки, практики и образования как условие продовольственной безопасности» (г.

Смоленск, 27 апреля 2023 г.). Научные положения и выводы, оформленные в докладах, получили одобрение, что подтверждается полученными дипломами.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 10 работ: в сборниках материалов национальных и международных конференций, центральных журналах и отдельных изданиях. Из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук - 3 статьи. Получен Патент РФ на полезную модель «Кассета для гистологических исследований предличинок и личинок гидробионтов» (RU 213986 U1 от 06.10.2022 года).

Основные положения, выносимые на защиту:

- гистогенез органов пищеварительной системы в ранние периоды постэмбрионального развития *C. gariepinus* наиболее интенсивно протекает на фоне применения комплекса лакто- и бифидобактерий;

- размерно-весовые показатели африканского клариевого сома на фоне применения комплексной кормовой добавки существенно превышают показатели других подопытных групп;

- инкубация икры при температуре +24⁰С сопровождается увеличением процента выклева предличинок африканского клариевого сома;

- процессы дробления в икре *C. gariepinus* нарушаются в кислой (рН 5,5) и щелочной (рН 8,5) средах.

Личный вклад. Научная работа является результатом самостоятельного исследования диссертанта и проведена в период с 2020-2023 гг. Автором лично определены цель и задачи, разработан план проведения производственных и лабораторных исследований, самостоятельно осуществлен всесторонний анализ полученных результатов, подготовлены научные статьи к публикациям, доклады и презентации для участия в конференциях. Соавторы выражают согласие по использованию результатов, приведенных в совместных статьях. Личный вклад автора составляет - 75%.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология: пункты 1, 2, 18.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 158 страницах компьютерного текста, содержит 11 таблиц и 69 рисунков, в том числе 3 диаграммы и 145 авторских фотографий макро- и микропрепаратов. Она состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, практических предложений, рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки темы, списка литературы и приложения. Список использованной литературы включает 203 источника, из них 158 - отечественных.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Характеристика *Clarias gariepinus*

Одной из самых сложных и многофункциональных отраслей в Российской Федерации является рыбоводческая, которая включена в систему межотраслевой и международной деятельности. Данная отрасль является одним из перспективных направлений и активно поддерживается на государственном уровне. Это подтверждается утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июля 2016 года № 1463-р, в рамках которого осуществляется финансирование расходных обязательств, потраченных на развитие рыбоводства.

В настоящее время фермерское разведение рыбы является очень актуальным и перспективным как в г. Санкт-Петербурге, так и на территории Ленинградской области. Широко известны несколько направлений разведения рыбы: в открытых водоемах, прудовых садках и в установках с замкнутой системой водоснабжения (Браинбалле, Я., 2010; Пронина, Г. И. с соавт., 2011; Золотова, А. В., 2013; Хрусталева, Е. И. с соавт., 2020; Моисеенко, Д. С., Щербакова, В. В., Усачев, И. И. 2021).

Как отмечает Зиланов, В. К., Борисов, В. М., Лука, Г. И. (2017), развитие аквакультуры является важным аспектом для развития экономики страны. Это позволяет наполнить рынок необходимой рыбной продукцией, а также увеличить количество рабочих мест для населения.

В работе Тренклер, И. В., Шишанова, Е. И., (2020), указывается, что развитие аквакультуры должно быть одним из главных на территории нашей страны, так как на данный момент население во многом отказывает себе в рыбной продукции из-за завышенной стоимости. Массовое распространение рыбы может привести к снижению ее цены, что повысит ее доступность для употребления.

В Российской Федерации имеет большую популярность разведение карповых, лососевых и осетровых рыб. Однако в последние годы серьезную конкуренцию им составляют сомообразные, в частности, клариевые сомы. Они входят в первую тройку лидеров для разведения рыб в искусственных условиях. Клариусы (*Clarias*) - пресноводные лучеперые рыбы из семейства Клариевые.

В настоящее время род Клариевые включает в себя более 60 видов сомов, распространенных в Африке и Юго-Восточной Азии. Многие из них имеют промысловое значение. Мясо данного вида рыбы не имеет специфического рыбного запаха, мелких костей и жира, характеризуется высоким содержанием аминокислот и витаминов. Особый интерес представляет африканский клариевый сом, который обладает возможностью достигать высоких темпов роста за короткие сроки (Овчинникова, Т. И., 1992; Бондаренко, А. Б., Сычев, Г. А., Приз, В. В., 2008; Подушка, С. Б., 2016; Артеменков, Д. В. с соавт., 2017).

Африканский клариевый сом (мраморный сом) — это представитель сомообразных, который был завезен в Европу в конце 20-го столетия, а в Россию - в 1994 году. Первоначальной областью их разведения считается Африка. Данный представитель обитает в водоемах с пресной водой, и он обладает биологическими и морфологическими особенностями, что делает его перспективным объектом разведения. Клариевый сом является теплолюбивой рыбой, поэтому в северных регионах его разведение осуществляется в закрытых бассейнах, а на юге страны - в открытых водоемах только в теплое время года (Томеди, Э. М., 2000; Власов, В. А., Завьялов, А. П., Есавкин, Ю. И., 2010; Шумак, В. В., 2015; Артеменков, Д. В., Пронина, Г. И., Петрушин, А. Б., Волошин, Г. А., 2017; Шленкина, Т. М. Романова, Е. М. Любомирова, В. Н., Мухитова, М. Э., 2018; Шашкова, А. С., 2019).

Важно учитывать тот факт, что выращивание в открытых водоемах на юге страны применимо только в летний период, поэтому выгодно заранее обеспечивать хозяйство водными резервуарами, чтобы была возможность

осуществлять разведение рыбы в холодное время года (Корнейко, О. В., Покорменюк, М. Д., 2017).

Для разведения различных объектов аквакультуры в рыбоводстве применяют установки замкнутого водоснабжения. Важной особенностью клариевого сома является то, что в системах замкнутого водоснабжения создание оптимальных условий для их жизнедеятельности не требует больших финансовых затрат (Жигин, А. В., 2002; Корнейко, О. В., Покорменюк, М. Д., 2017; Нечаева, Т.А., Шинкаревич Е.Д., Рыболова. Н. Б., 2019; Шинкаревич, Е. Д., Рыболова, Н. Б., Нечаева, Т.А., 2018; Шинкаревич, Е. Д., 2020; Romanova, E. M., Lyubomirova, V. N., Romanov, V. V., Mukhitova, M. E., 2018; Romanova, E. M., Lyubomirova, V. N., Romanov, V. V., et al., 2018).

Согласно приведенным в работе Шинкаревича, Е. Д. с соавт., (2018) исследованиям, наиболее благоприятных гидрохимических условий можно достичь при инкубации икры в УЗВ.

Одной из особенностей в получении оплодотворенной икры у клариевого сома является то, что после стимуляции гормоном гипофиза от самки можно отцедить икру, сохраняя жизнеспособность. При этом, из-за анатомического строения полового аппарата самца, нет возможности беспрепятственно извлекать сперму. Для этого необходимо произвести забой и извлечь семенники, от которых и отделяется материал для оплодотворения икры (Власов, В. А., Завьялов, А. П., Есавкин, Ю. И., 2010).

На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области воспроизводство клариевого сома проводится в рыбоводческом хозяйстве «SOMOFF» с помощью запатентованного метода по проведению искусственного нереста различных видов рыб. За счет данной методики проводится гормональная стимуляция африканского клариевого сома суспензией гипофиза (Патент № 2683511 С1 от 28.03.2019).

Для удобства инкубации икры на территории рыбоводческого хозяйства Шинкаревич, Е. Д., Лушка, Ю. Н., Мосягина, М. В., (2019) изобрели инкубационную рамку. С помощью данного приспособления можно

воспроизводить искусственный нерест различных видов рыб на плавучей рамке и по мере выклева личинок они будут проскальзывать через сети в бассейн (Патент РФ № 194577 U1 от 16.12.2019).

В своей естественной среде мраморный сом является хищником. Основу рациона клариуса в природе составляют насекомые, черви, моллюски, мелкие рыбы, а также водоросли и водные растения. Необходимо учитывать и тот факт, что за его регулярным кормлением необходимо следить, так как при голодании сомы начинают употреблять в пищу представителей своего вида младшего возраста или более слабых. Но, благодаря исследованиям иностранных рыбоводов, выявлено, что разведение животных в искусственных условиях с применением кормов с большим содержанием растительных компонентов, предотвращает указанные негативные явления, а также не снижает темпы роста и развития данного вида рыб (Микодина, Е. В., Широкова, Е. Н., 1997; Фатталахи, М., Власов, В. А., 2005; Мельченков, Е. А., Приз, В. В., Чертихина, Е. А., Канидьева, Т. А., 2008; Ярмош, В. В., Цвирко, Л. С., Таразевич, Е. В. с соавт., 2020; Моисеенко, Д. С., 2021).

Африканский клариевый сом является одной из разновидностей многочисленного отряда Сомообразные (*Siluriformes*). Тело мраморного сома вытянутое, не имеет чешуи. Окрас у представителей данных гидробионтов зависит от генетического материала в период оплодотворения, а также условий, в которых содержатся. Чаще всего это оттенки темно-зеленого, черного и белого, вследствие чего и появилось такое понятие, как мраморность.

Голова у африканского сома сплюснута и имеет вытянутую форму, на которой располагаются четыре пары усов. Усики размещены по окружности ротового аппарата. Шесть усиков окружают верхнюю и нижнюю челюсть и два находятся у носовых ходов.

Большая часть внутренних органов располагается в области черепа, за исключением части пищеварительного тракта и мочеполовой системы.

Пищеварительная система берет свое начало с ротового отверстия, переходящего в трубкообразный пищевод, который открывается в желудок мешковидного типа. Далее начинается кишечник, который визуально можно разделить на несколько отделов. Кишечник имеет большое количество пилорических придатков, которые повышают усвояемость кормов (Ильмаст, Н. В., 2005; Александрова, У. С., Ковалев, А. В., Матишов, К. Д., 2018).

Ротовой аппарат расположен в нижней части головы и снабжен мелкими заостренными зубами. Из органов чувств у клариевых сомов зрение развито умеренно. Глаза расположены по бокам головного отдела и могут хорошо вращаться по окружности, что облегчает им охоту.

Пищевод осуществляет связь ротовой полости с желудком, и его стенка состоит из трех оболочек. Слизистая выстлана многослойным плоским неороговевающим эпителием со слизистыми и хлоридными (ионоциты) клетками. Последние имеют округлую форму с оксифильно окрашенной цитоплазмой и центрально расположенным ядром. Ионоциты встречаются также в жаберном эпителии, так как выполняют осморегуляторную функцию. Согласно данным зарубежных исследователей, эти клетки, возможно, участвуют в усвоении ионов из воды в пресных водоемах (Маилкова, А. В., Никифоров, А. И., 2006; Avella, M., Ehrenfeld, J., 1997; Hiroi, J., Kaneko, T., Tanaka, M., 1999; Katoh, F., Kaneko, T., 2003; Awaad, A. S, Moawad, U. K, Tawfiek, M. G., 2014; Genten, F., Terwinghe, E., Danguy, A., 2009).

На протяжении глотки обнаруживаются также вкусовые луковицы. Мышечная оболочка ее представлена поперечно-исчерченной мускулатурой, в которой отчетливо видна исчерченность, и покрыта в полостях серозной оболочкой, состоящей из рыхлой волокнистой соединительной ткани (РВСТ) и мезотелия (Пирог, А. В., Ложниченко, О. В., 2017, Genten, F, Terwinghe, E., Danguy, A., 2009).

Средний отдел пищеварительного канала включает в себя желудок, желчный пузырь, печеночно-панкреатический проток, печень, привратник, пилорическую, среднюю и ректальную кишки.

Желудок *C. gariepinus* имеет J-образную форму и подразделяется на три отдела: кардиальный, пилорический и фундальный.

Кардиальный отдел желудка берет свое начало от пищевода и имеет вид вытянутой трубочки. Состоит из слизистой оболочки с подслизистой основой, мышечной оболочки и серозной. Эпителиальная пластинка представлена однослойным однорядным призматическим железистым эпителием, формирует складчатость, и на поперечном срезе просвет имеет звездчатую форму. В собственной пластинке, образованной соединительной тканью, имеются трубчатые желудочные железы многогранной формы. Клетки желудочных желез окрашены оксифильно, ядра овальной формы и располагаются на базальном полюсе. Мышечная оболочка состоит из двух слоев гладких миоцитов.

Фундальная часть является самой объемной и соединяет два отдела желудка и представлена большим количеством складок. Строение аналогично с кардиальным отделом, однако отличительными особенностями являлось то, что желудочные ямки здесь более глубокие, а собственная пластинка более тонкая, чем в кардиальном отделе желудка.

Пилорический отдел оканчивается привратником с переходом в кишечник и в нем отсутствуют желудочные железы (Мельченков, Е. А., Приз, В. В., Чертихина, Е. А., Канидьева, Т. А., 2008; Романова, Е. М., Спирина, Е. В., Любомирова, В. Н., 2021; Osman, A. H. K., Cacesi, T. 1991; Arellano, J. M., Storch, V., Sarasquete, C., 2001; Ekele, I., Nlebedum, U., Okechukwu, N., Agbakwuru, I., 2014; Moawad, U. K., Awaad, A. S., Tawfiek, M. G., 2017).

Кишка представлена многочисленными длинными и широкими ворсинками, слизистая оболочка которых образована однослойным однорядным призматическим каемчатым эпителием, в котором встречаются несколько видов клеток: энтероциты, бокаловидные и базальные клетки. Собственная пластинка представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью с клетками фибробластического ряда, а также с развитыми коллагеновыми и эластическими волокнами. Мышечный слой слизистой

образован двумя слоями гладких миоцитов: внутренний циркулярный и наружный продольный. Подслизистая основа представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью с многочисленными клетками, волокнами и пронизана кровеносными сосудами.

Мышечная оболочка состоит из наружного продольного и внутреннего циркулярного слоев гладких миоцитов. Наружная оболочка кишечника представлена серозой. Основной отличительной особенностью гистологического строения кишечника является наличие ворсинок - крипт, в среднем их соотношение составляет 1:6 (Романова, Е. М., Спирина, Е. В., Любомирова, В. Н., Романов, В. В., 2019; Kolawole, O. M, Ajayi, K. T, Olayemi, A. B, Okoh, A. I., 2011).

Пищеварительная система рыб включает в себя добавочные железы: печень и поджелудочную железу. Печень - это многофункциональная пищеварительная железа, которая участвует в образовании желчи, обменных процессах белков, жиров и углеводов, обеспечивает трофическую, защитную, а в эмбриогенезе и кроветворную функции (Костоусов, В. Г., 2018; Любомирова, В. Н., Романова, Е. М., Романов, В. В., Харитонов, Д. А., 2020; Грушко, М. П., Терпугова, Н. Ю., Федорова, Н. Н., 2020).

Размеры печени изменяются в зависимости от возраста, содержания рыбы и рациона кормления. Печень представлена стромой и паренхимой. В паренхиме междольковая соединительная ткань развита слабо, исходя из этого можно сказать, что дольчатость не выражена. Строма образована большим количеством кровеносных сосудов и рыхлой волокнистой соединительной тканью. В ранние периоды онтогенеза печень африканского клариевого сома заполнена большим количеством жировых вакуолей, что связано с метаболизмом липидов и запасанием витамина А. Обычно эта особенность приводит к тому, что ядро в гепатоцитах смещается к периферии.

В ранние периоды постэмбрионального развития сформировавшиеся участки печени имеют балочную структуру. Паренхима печени представлена крупными полиморфными клетками - гепатоцитами. В момент перехода на

внешнее питание у личинок формирование печени еще не завершено, гепатоциты представлены плотными тяжами, которые окружены пространством Диссе. Около пространства Диссе обнаруживаются клетки Ито, они имеют звездчатую форму, их можно визуализировать по обширным жировым каплям, содержащим ретиноиды (Пирог, А. В., Ложниченко, О. В., 2015, 2017; Салмова, Н. А., Журавлева, Н. Г., 2012; Постникова, О. А., Непомнящих, Д. Л., Айдагулова, С. В., 2011; Романова, Е. М., Спирина, Е. В., Любомирова, В. Н., Романов, В. В., 2019).

Отличительной особенностью в гистологическом строении печени рыб от млекопитающих является слабо выраженная триада, состоящая из междольковых артерии, вены и желчного протока. Желчные протоки выстланы однослойным кубическим эпителием. У костистых рыб не было обнаружено клеток Купфера, однако у некоторых лососевых данная структура была описана (Genten, F, Terwinghe, E., Danguy, A., 2009).

К железам смешанной секреции, которые выполняют экзокринную и эндокринную функцию, относится поджелудочная железа. У большинства рыб поджелудочная железа располагается вплотную к печени и данный комплекс принято называть гепатопанкреас. У костистых рыб она располагается рядом с желчным пузырем. Данная структура окружена жировой тканью, поэтому определить ее возможно только при изготовлении гистологического препарата.

Поджелудочная железа состоит из экзокринных ацинусов эллипсовидной формы, кубические клетки которых выделяют поджелудочный сок с содержанием большого количества ферментов, участвующих в пищеварении. Особенностью данной железы у рыб является наличие в концевых отделах эозинофильных гранул зимогена (неактивные части фермента).

Эндокринная часть поджелудочной железы представлена островками Лангерганса, отвечающими за секрецию инсулина, глюкагона, соматостатина и панкреатического полипептида. Величина островков варьирует в

зависимости от времени года и рациона рыбы. Скопления нескольких островков формируют тельца Брокмана (Костоусов, В. Г., 2018; Figueiredo-Fernandes, A. M., Fontainhas-Fernandes, A. A., Monteiro, R. A. et al., 2007; Genten, F., Terwinghe, E., Danguy, A., 2009).

Согласно данным Лабенец, А. В., Севрюкова, В. Н. (1999), которые были получены еще в начальный период разведения *C. gariepinus* на территории РФ, особенность сложной и многофункциональной дыхательной системы африканского клариевого сома свидетельствует о перспективности его разведения в установках замкнутого водоснабжения.

Основными органами, выполняющими дыхательную функцию, являются жабры. Помимо этого, жабры являются фильтрационным барьером в организме. В связи с нахождением в воде большого количества различных компонентов неживой природы они препятствуют их проникновению внутрь организма.

Дыхательная система представлена жаберными дугами, от которых отходит дополнительный парный орган дыхания древовидного строения - кларий (*Clarias* в переводе на русский, означает «живой»). На гистологических препаратах отмечается обилие кровеносных сосудов. Для поглощения кислорода рыбе приходится аккуратно всплывать на поверхность. За счет длительной возможности использовать два взаимозаменяемых органа дыхания, клариевые сомы могут перемещаться по суше к другим водоемам с помощью хорошо увлажненной кожи (Зялалов, Ш. Р., Галушко, И. С., 2017).

Количество дыхательных движений зависит от температуры, в которой содержится рыба. В среднем, за минуту осуществляется до сорока дыхательных движений, однако при понижении температуры их количество может уменьшиться до пяти вдохов в минуту.

У представителей костистых рыб имеются две пары жаберных дуг и четыре цельные жабры, состоящие из двух полужабр. Снаружи жаберные полости покрыты жаберной крышкой, внутренняя часть которой представлена гиалиновым хрящом, окруженным соединительной тканью. Жаберные дуги

покрыты многослойным плоским эпителием и состоят из респираторных, хлоридных (ионоциты), слизистых, палочковых и недифференцированных клеток. Жаберные лепестки плотно прикрепляются к жаберным дугам, имеющим треугольную форму. Лепестки развернуты в обе стороны, создавая эффект двухрядности. Жаберные филаменты состоят из жаберных ламелл, которые наполнены форменными элементами крови. Эпителиальная пластинка данного органа представлена однослойным многорядным призматическим мерцательным эпителием (Иванов, А. А., 2011; Пирог, А. В., Ложниченко, О. В., 2017; Терпугова, Н. Ю., Грушко, М. П., Федорова, Н. Н., 2019).

Как утверждает Зялалов, Ш. Р., Галушко, И. С., (2017), наджаберный орган африканского клариевого сома является аналогом легкого. Было зафиксировано, что наиболее активная работа наджаберного органа осуществляется при влажности 81% (Бондаренко, А. Б., 2005; Филатов, В. И. Мельченков, Е. А., Приз, В. В., Слепнев, В. А., 2012).

Сам процесс дыхания включает в себя поглощение воды, которая попадает в ротовую полость и проходит вдоль жаберных лепестков. При этом кислород начинает проникать в кровь и через жаберное отверстие вода выводится наружу. За счет кожной складки, которая покрывает жабры, вода не проникает в глотку, так как за счет давления она создает плотное перекрытие и препятствует проникновению жидкости в пищеварительную систему (Наумов, Н. П., Карташов, Н. Н., 1979; Моисеев, П. А., Азизова, Н. А., Куранова, И. И., 1981).

Органы выделительной системы обеспечивают гомеостаз всего организма за счет выведения продуктов обмена и поддержания водно-солевого баланса. Процесс формирования мочи у данных гидробионтов происходит в парных почках, а выводится она через мочеточник (Боброва, О. В., 2005).

Первичная почка у сомообразных - это парный орган длинной и вытянутой формы, располагаются вдоль позвоночника и имеют ярко

выраженный темно-бордовый цвет. Согласно данным Пирог, А. В., Ложниченко, О. В. (2016), у африканского клариевого сома первичная почка представлена почечными везикулами и располагается на небольшом участке между желточным мешком и анальным отверстием. Общее количество везикул насчитывает около 28 штук. Мезонефральные каналы представлены кубическим эпителием, где в эпителиоцитах ядра располагаются по центру.

На третьи сутки после выклева начинают образовываться извитые каналы, которые выстланы однослойным однорядным призматическим эпителием. Почечные тельца разных размеров, данные факторы зависят от возраста и вида рыб. От почечных телец начинается система почечных канальцев, которая открывается в Вольфов проток, стенка которого образована однослойным кубическим эпителием (Пирог, А. В., Ложниченко, О. В., 2016).

Так как у клариевого сома отсутствует чешуя, то кожа покрыта большим количеством слизи. Она обладает бактерицидным действием, увлажняет поверхность тела и защищает ее от негативных факторов внешней среды. Кожа мраморного сома обладает высокой регенерацией и за несколько месяцев способна восстановить поврежденные усики или полностью избавиться от следов каких-либо травм на теле.

Всего у африканского сома два непарных плавника (спинной и анальный) и два парных (грудные и брюшные). На грудном плавнике хорошо развиты железы, которые выполняют защитную функцию и могут оставлять на теле противника небольшие покраснения и раны, которые долго заживают. Спинной плавник насчитывает до 70 лучей в зависимости от степени развития. Анальный плавник состоит в среднем из 50 лучей, при этом как спинной, так и анальный плавники почти срастаются с хвостовым.

В зависимости от изучаемого семейства африканского клариевого сома было установлено, что им характерно генерировать электрические импульсы продолжительностью от 8 до 260 мс, что превышает показатели у других представителей пресноводных рыб (Ольшанский, В. М., Солдатова, О. А.,

Нгуен, Т. Н., 2011; Орлов, А. А., Барон, В. Д., Голубцов, А. С., 2015; Lissmann, H. W., Machin, K. E., 1963; Baron, V. D., Morshnev, K. S., Olshansky, V. M., Orlov, A. A., 1994).

Мясо рыб содержит в своем составе высокий белковый и витаминно-минеральный комплекс, который обладает большим промышленным значением и обеспечивает население качественной и полезной продукцией (Байдалинова, Л. С., Яржомбек, А. А., 2011).

Так, согласно технологии, товарный вид африканский клариевый сом приобретает уже к 6-месячному возрасту (Власов, В. А., 2012; Козырь, А. В., Цвирко, Л. С., 2019). Особенно ценными являются жиры, которые состоят из полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6 (Левина, О. А., Пономарёв, С. В., Корчунова, М. А., 2015; Боева, Н. П., Бредихина, О. В., Петрова, М. С., Баскакова, Ю. А., 2016; Bell, M.V., Tocher, D. R., 2009).

Полезные свойства жирных кислот оказывают благоприятное воздействие. Они влияют на работу нервной системы, регулируют обменные процессы и способствуют выработке иммунитета (Шульгина, Л. В., Якуш, Е. В., Давлетшина, Т. А., с соавт., 2017; Bernardi, G., 1996; SanGiovanni, J. P., Chew, E. Y., 2005; Reis, L. C., Hibbeln, J. R., 2006; Calder, P.C., 2009; Wall, R., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Stanton, C., 2010).

Мясо клариевого сома является ценным по своим вкусовым качествам, а также содержит комплекс жирорастворимых и водорастворимых витаминов. Процентное соотношение соединительной ткани в несколько раз ниже, чем в мясе говядины. Биохимический анализ мяса *C. gariepinus* показал, что содержание белка в нем составляет не менее 16%, а жира – около 4% (Байдалинова, Л. С., Яржомбек, А. А., 2011; Басова, Е. В., Иванова, Е. Е., Скляров, В. Я., 2013; Моисеенко, Д. С., 2021).

Кормление африканского сома должно осуществляться полноценными кормами и добавками для определенной возрастной группы. Частота приема корма варьируется от 3 до 8 раз в сутки в зависимости от возраста (Дернаков, В. В., 2007).

1.2 Эмбриональное развитие африканского клариевого сома

Ранний период онтогенеза у рыб считается основным в формировании организма, и именно этот этап влияет на дальнейшую численность их популяции. У рыб развитие включает в себя три периода: эмбриональный, личиночный и мальковый. Каждый из этих периодов играет важную роль в раннем онтогенезе гидробионта. В это время происходит закладка всех органов и систем (Мамонова, А. С., Шишанова, Е. И., Тренклер, И. В., Офицеров, М. В., 2015).

Началом эмбрионального периода можно считать момент оплодотворения и образования зиготы. Процесс дробления характеризуется увеличением количества бластомеров, при этом зародыш сам не растет и, несмотря на увеличение числа клеток, его масса не изменяется. Также стоит отметить, что дробление у рыб неполное, неравномерное и асинхронное.

Образованные бластомеры не содержат ядрышка. Это может свидетельствовать о том, что период деления очень быстрый, и за такой короткий период интерфазы оно не успевает образовываться. Во время дробления более активное образование клеток происходит на анимальном полюсе, так как вегетативный заполнен большим количеством желтка. Это свидетельствует о том, что дробление меробластического типа (Кауфман, З. С., 1990).

В результате активного деления бластомеров они постепенно подвергаются адгезии, что приводит к образованию шарообразной формы.

Результатом дробления является формирование бластулы. Это многоклеточный зародыш с полостью, которая называется бластоцелью. Ее содержимое в основном состоит из воды и полисахаридов. Особенностью эмбрионального развития костистых рыб является то, что в процессе дробления им не нужна вода из внешней среды. Ее достаточно в желтке, который имеет все необходимые запасы. Поэтому эмбриональный период икры может происходить даже при помещении ее в вазелиновое масло.

Также, следует учитывать тот факт, что во время деления клеток, увеличения их в количестве, клетки вегетативного полюса больше по размерам, чем клетки противоположного полюса. Это приводит к тому, что давление крупных клеток смещает бластоцель к анимальному полюсу. При дроблении борозды проходят в нескольких направлениях: меридианное, экваториальное, тангенциальное. В ходе образования таких борозд образуются клетки разных размеров: микромеры (малые клетки) и макромеры (большие). Микромеры постепенно отделяются от макромеров и в центральной части зародыша образуется пространство. После образования бластулы выделяют так называемую краевую зону. Она находится на границе между микро- и макромерами, размеры клеток в этом участке средней величины (Кауфман, З. С., 1990).

В дальнейшем начинается развитие гастрюлы. Происходит формирование двухслойного зародыша, включающее в дальнейшем закладку осевых органов: нервной трубки, хорды и кишечной трубки. Процесс гастрюляции состоит из эпиволюции (обрастание микромерами желтка), а также инвагинации. Закладывается кишечная энтодерма, из которой в дальнейшем формируется пищеварительный канал. Когда бластодиск занимает половину всего желтка, образуется хорда (Ballard, W. W., 1973; Trinkaus, J. P., Erickson, C. A., 1981).

Между передним и задним отделом располагается мезодерма, она способствует формированию трехслойного зародыша. Дальнейшее развитие зародыша включает в себя дифференцировку мезодермы с образованием сомитов и спланхнотомов с последующей сегментацией тела. Зародыш растет, увеличивается в длине и растягивается на поверхности желтка.

В ходе эмбриогенеза происходит формирование глазных бокалов и мозговых пузырей, постепенно образуется нейроцель. Данный процесс приводит к отчленению головного отдела от желтка. Задняя часть тела утолщается по мере формирования хвостовой почки. Отделение задней части тела указывает на развитие и работу сердца (Игнатьева, Г. М., 1979). Заварзин,

А. А. (1985) утверждает, что развитие выделительной системы происходит из мезодермы. В период эмбрионального развития рыб за выделительную систему отвечает предпочка, а у взрослых особей данную функцию выполняет первичная почка. Предпочка представлена выводными канальцами и находится в передней части тела. Она имеет два выводных протока, один открывается в полость тела и содержит сосудистый клубочек, а второй впадает в мочеточник.

Из-за усиленного потребления питательных веществ из желтка, появляются плавниковые складки, активна реакция зрачков на световой раздражитель, а также происходит активация желез эктодермального происхождения, что свидетельствует о готовности зародыша к выклеву (Yamagami, K., 1981).

Согласно литературным данным, у костистых рыб железы, по мере своего накопления и готовности, осуществляют помощь при выклеве предличинок. Они состоят из фермента гиалуронидазы, за счет чего повышается проницаемость через перивителлиновое пространство и улучшается передача кислорода зародышу (Кауфман, З. С., 1990).

В эмбриональный период развития дыхание производится за счет сосудов кровеносной системы, которые обволакивают со всех сторон желточный мешок. После выклева у личинок активно начинает работать кровеносная система. Развитие дыхательной системы во многом зависит от степени оксигенации воды. Пирог, А. В., Ложниченко, О. В. (2017) указывают в своей работе, что развитие наджаберного органа у *C. gariepinus* происходит на пятый день после выклева.

На момент выклева глаза личинок не содержат пигмент, что указывает на слабую реакцию на освещенность. При этом стоит отметить, что в этот период зачатки глаз у представителей сомовых еще не нужны для активной работы, так как для поиска пищи они используют другие анализаторы. Личинки принимают донное положение и еще не активны, однако могут

периодически приподниматься выше своего положения за счет начала взаимодействия организма с кислородом.

Внешние видоизменения первоначально начинаются с формирования грудных плавников, которые в первую очередь необходимы для удержания равновесия. После выклева активно развивается кожный покров, который состоит из эпидермиса и кориума. У костистых рыб он очень тонкий и представлен двумя слоями клеток. В эпидермисе у представителей сомообразных имеются пространства, заполненные слизистым содержимым.

Согласно классификации Анисимовой, И. М., Лавровского В. В. (1991), на определенных жизненных этапах дифференцируют различные возрастные группы рыб. С момента оплодотворения формируется икринка, из которой после выклева выходит предличинка с желточным мешком. В период рассасывания желточного мешка и перехода животного на внешнее питание, предличинка переходит в стадию личинки. На момент полного завершения формирования характерных для взрослого организма внешних признаков и внутренних систем, за исключением половых органов, гидробионт переходит в стадию малька.

1.3 Влияние абиотических факторов на онтогенез *C. gariepinus*

На территории Российской Федерации клариевый сом выращивают уже более двадцати лет в системах замкнутого водоснабжения.

Важным фактором для полноценного формирования органов и тканей в ранние периоды онтогенеза у разных видов рыб является то, что необходимо поддерживать оптимальную температуру, обеспечить соответствующий режим освещенности и рН среды обитания (Никольский, Г. В., 1974; Захаров, В. С., Мамонтов, Ю. П., 2010; Лютикова, А. А., 2013; Гельфанова, М. С., Филатова, В. М., 2022).

Согласно данным Пономаревой, Е. Н., Александровой, У. С., Гридиной, Т. С., Кузова, А. А. (2020) установлено, что в разные периоды формирования и развития организма существенное влияние оказывают условия окружающей

среды, что подтверждается данными целого ряда авторов (Журавлева, Н. Г., 2009; Лукиянов, С. В., 2010; Подушка, С. Б., 2016).

Особенно важным являются ферментный состав и микрофлора кишечника рыб, ведь от них зависит процесс переваривания и усвоения кормов. На данный момент у рыб по составу ферментов и выполняемым функциям выделяют полостное, мембранное и цитоплазматическое пищеварение (Уголев, А. М., 1972; Пономарева, Е. Н., 2005; Дудиков, К. Н., Чижаяева, А. В., 2016).

В научных трудах был отмечен тот факт, что понижение температуры в осенне-зимний период в местах разведения рыбы приводит к тому, что в цитоплазме овоцитов появляются сильно окрашиваемые участки. Они расположены вокруг ядра, в связи с этим им было присвоено название циркумнуклеарные кольца. Некоторые авторы отмечают, что разведение его в установках замкнутого водоснабжения производится без дополнительной оксигенации и особых условий освещения. Клариевый сом устойчив к органическому загрязнению среды обитания, что позволяет осуществлять разведение с плотной посадкой рыбы (Чебасов, Л. В., Подушка, С. Б., 2001; Гордеев, А., Власов, В. А., Завьялов, А. П., 2003; Маилкова, А. В., Никифоров, А. И., 2006; Власов, В. А., 2012; Золотова, А. В., 2013; Усов, М. М., 2013; Ярмош, В. В., Цвирко, Л. С., Таразевич, Е. В. с соавт., 2020; Bovendeur, J., Eding, E. H., Henken, A. M., 1987; Appelbaum, S., Kamler, E., 2000; Adewolu, M. A., Adeniji, C. A., Adejobi, A. V., 2008).

Для обеспечения роста и развития органов изучаемого животного, согласно данным некоторых авторов, оптимальной температурой является +25-32⁰С. Если снизить показатели до +14⁰С, то это приведет к гибели рыб (Ковалев, К. В., 2006; Маилкова, А. В., Никифоров, А. И., 2006; Дернаков, В. В., 2007; Филатов, В. И., Мельченков, Е. А., Приз, В. В., Слепнев, В. А., 2012; Власов, В. А., 2012; Масайло, Т. В., Ярмош, В. В., 2018; Суликов, Р. Х., Шленкин, А. К., 2018; Хрусталева, Е. И., Курапова, Т. М., Молчанова, К. А., Савина, Л. В., 2020; Ярмош, В. В., Козырь, А. В., 2022).

В научной статье Шинкаревич, Е. Д. (2019) указывает, что для разведения *C. gariepinus* в УЗВ оптимальным температурным режимом считается +25,5-26⁰С.

Для инкубации икры африканского клариевого сома, согласно данным Раковой, Л. Ю., Акимов, Д. Ю., Любомиров, Е. В. (2017), оптимальным температурным режимом является +26-28⁰С.

Романова, Е. М., Любомирова, В. Н., Мухитова, М. Э. (2016) в научной работе указывают, что икра клариевого сома, выращенная при температуре +28-30⁰С, повышает общую массу на 20% в период наступления его половой зрелости.

Таким образом, для инкубации икры и выращивания *C. gariepinus* в УЗВ полученные разными авторами данные об оптимальных температурных режимах существенно отличаются.

Все живые организмы, которые обитают в водоемах, находятся в тесном контакте с условиями неживой природы, а также включают в себя факторы, которые отвечают за многообразные отношения между организмами.

Важным абиотическим фактором среды является вода, а именно, ее физические свойства и химический состав. При разведении африканского сома существенным параметром для благоприятного роста и развития служит температурный режим. Только при создании оптимальных условий можно добиться большого прироста длины и массы тела, получения качественной икры от половозрелых самок и спермиев от здоровых самцов для оплодотворения икры (Хрусталева, Е. И., 2010; Александрова, У. С., 2014; Любомирова, В. Н., Романова, Е. М., Романов, В. В., Харитонов, Д. А., 2020).

Строение кишечника у рыб достаточно адаптировано и может изменяться под действием ряда факторов. Температура является одним из основных показателей окружающей среды, которая влияет на формирование желудочно-кишечного тракта, а также стимулирует или тормозит активность пищеварительных ферментов. Так, установлено, что при резкой смене температуры может изменяться рН-функция ферментов. В научных работах

Головановой, И. Л. (2011); Кузьминой, В. В., Шалыгин, М. В., Скворцова, Е. Г. (2012, 2012а) и Кузьминой, В. В. (2021) указывается на то, что ферментативная активность энтеральной микробиоты напрямую зависит от температуры среды обитания.

Согласно данным некоторых авторов, в слизистой оболочке при различных значениях температуры и рН наблюдается изменение ферментативной активности в кишечнике (Кузьмина, В. В., Ушакова, Н. В., 2007; Голованова, И. Л., Голованов, В. К., 2011, 2011а).

Температура воды также определяет продолжительность эмбрионального развития рыб. Так, исследования Масловой, Н. И., Серветник, Г. Е. (2019) и Пономаревой, Е. Н., Александрова, У. С., Гридина, Т. С., Кузов, А. А. (2020) показали, что повышение температуры приводит к ускорению выклева и процессов формирования предличинки.

Были проведены исследования, которые указывают на то, что понижение температуры воды замедляет рост эмбриона в икре. Данные опыты были проведены с целью определения пороговых критических значений температур, при которых эмбриональное развитие данных гидробионтов прекращается (Ковалев, К. В., 2005; Масайло, Т. В., Ярмош, В. В., 2018).

Освещенность является одним из важнейших показателей качественного разведения животных, так как реакция на свет одна из первых, которая начинает формироваться в ранние периоды онтогенеза и оказывает существенное влияние на рост и развитие в зависимости от возраста и вида животных (Бабурин, Е. А., 1972; Есавкин, Ю. И., 1980; Власов, В. А., 1991; Пономаренко, В. В., Крючков, В. И., Левкович, Ю. И., 1992).

В исследованиях Власова, В. А., Маслова, Н. И., Пономарев, С. В., Баканева, Ю. М. (2013) было отмечено, что степень развития и формирования тканей центральной нервной системы, а также внутренних органов обусловлена, в том числе, интенсивностью освещения. Установлено, что повышение светового уровня приводит к ускорению роста для большого количества разных видов рыб. Также авторы установили, что если технология

разведения включает в себя смешанный режим освещения, то скорость роста у личинок рыб значительно выше.

В работе Ручин, А. Б., Дудко, А. А. (2008) была доказана степень влияния цвета освещения и длины волны на рост изучаемых гидробионтов. У некоторых видов рыб (*Carassius carassius*, *Cyprinus carpio*) отмечалось увеличение ростового процесса с использованием зеленого освещения, а у *Poecilia reticulata* при синем свете. При этом исследования доказали, что освещение красного спектра замедляло процессы развития.

Результаты опыта Кузьминой, В. В., Куливацкой, Е. А. (2017) показали, что совместное введение серотонина (5-НТ) и снижение освещенности приводит к увеличению активности ферментов слизистой оболочки кишечника, что свидетельствует об улучшении конверсии кормов.

При исследовании влияния освещения на формирование организма мальков осетровых рыб было установлено, что понижение уровня света негативно отражается на органогенезе. При этом установлено, что использование в хозяйствах постоянной круглосуточной освещенности стимулирует развитие органов нервной системы (Крючков, В. И., Обухов, Д. К., Новикова, И. А., 2006).

Научные работы, проведенные с лососевыми, показали, что увеличение длины светового дня повышает количество гормона роста (Бретт, Д., 1983).

Результаты научного эксперимента, проведенного с карпом, доказали, что при постоянном освещении в течение года потребление корма рыбами повышено в первой половине дня, при этом ночью кормление вызывало меньший интерес, хотя оно более характерно для условий развития в естественной среде обитания (Власов, В. А., 1991).

Водородный показатель рН является одним из важнейших параметров для определения химических и биологических процессов, поддержание которых на должном уровне сохраняет жизнеспособность организмов (Привезенцев, Ю. А., Власов, В. А., 2004; Лукиянов, С. В., 2010; Петрова, М. С., Таймусова, Э. Н., 2021).

Большая часть водных гидробионтов живут в пределах рН 6,0-8,0. При этом температура, в которой обитает рыба, оказывает существенное влияние на рН-функцию ферментов желудочно-кишечного тракта. Установлено, что температура +20⁰С является максимальной для активности ферментов гликозидаз, при этом снижение оптимальной температуры понижает активность α -амилазы, мальтазы и сахаразы в кишечнике рыб (Уголев, А. М., Кузьмина, В. В., 1993; Голованова, И. Л. 2011; Аминов, А. И. 2013).

Оптимальным водородным показателем для разведения *C. gariepinus* является 6,5-8,0. При содержании данных гидробионтов в установках замкнутого водоснабжения ключевыми факторами, которые влияют на изменчивость рН, является качество поступающей воды, а также состояние очищающих фильтров (Полянских, А. Г., Волобуев, И. Д., Кузьмина, Е. С., Луцко, Т. П., 2020).

В работе Запруднова Р. А., Камшилов, И. М., Чалов, Ю. П. (2015) указывается, что буферная функция гемоглобина, осуществляемая в органах дыхания, была снижена при понижении рН воды в кислую сторону.

Зарубежные ученые провели опыты с изменением водородных показателей воды при разведении мальков *C. gariepinus*. Было установлено, что при рН от 5,0 до 9,0 наблюдается прирост длины от 0,16 мм до 2,28 мм. Когда изменения рН были от 2,0 до 3,0 и от 10,0 до 12,0 гибель наступала через 24 часа. Показатель воды рН 4,0 приводит к постепенному снижению жизнеспособности и гибели через восемь дней после помещения их в водоем (Uzoka, C. N., Anyanwu, J., Uche, C., 2015).

Marimuthu, K. K., Palaniandya, Z., Muchlisin, A. (2019) провели исследования с икрой африканского клариевого сома и прямой зависимости степени ее развития от водородного показателя. Результаты опыта показали, что наибольший выклев сохранялся при рН 6,7-7,6. Отсутствие выклева наблюдали при значениях рН от 3,1 до 3,4 и при 10,0. Если значение были ниже 4,5 и выше 9,0, то спустя три дня наступала гибель личинок.

С момента выклева икра африканского сома подвергается испытаниям со стороны факторов внешней среды. Такие параметры, как температура, свет, насыщение воды кислородом, водородный показатель рН влияют на дальнейший гисто- и органогенез личинки. Так, например, доказано, что формирование желудочно-кишечного тракта зависит от температуры, в которой происходит развитие зародыша, предличинки и личинки рыб. Научные исследования показали, что правильно подобранные корма также являются залогом успешного гисто- и органогенеза (Калайда, М. Л., 2011).

Исследования по оценке влияния кормовых добавок наиболее распространены в птицеводстве, свиноводстве, однако в рыбоводстве, таких работ недостаточно (Бочкарева, Е. В., Агеев, Б. В., Кистина, А. А. с соавт., 2020; Текебаева, Ж. Б., Шахабаева, Г. С., Сармурзина, З. С. с соавт., 2020).

Одними из важнейших и безопасных препаратов в поддержании иммунного состояния организма, активизации кишечной микрофлоры являются пробиотики. При этом их действие только улучшает состояние нормальной микрофлоры, которая на ранних этапах онтогенеза еще слабо развита (Артеменков, Д. В., 2013).

В рыбоводстве часто в корма добавляют ракообразных, которым предварительно вскармливали пробиотики, что повышает усвояемость кормов, а также приводит к приросту массы тела (Грозеску, Ю. Н., Бахарева, А. А., Шульга, Е. А., 2009; Кононенко, С. И., Юрина, Н. А., Максим, Е. А., 2016; Юхименко, Л. Н., Токарева, С. Б., 2022; Жандалгарова, А. Д., Поляков, А. В., Бахарева А. А., Грозеску, Ю. Н., 2018).

Использование пробиотических препаратов в качестве замены антибиотикотерапии, существенно влияет на здоровье рыбы и в первую очередь является безопасным для дальнейшего ее употребления.

Особенно важным является сохранение жизни при переходе к экзогенному питанию, так как этот период является критичным для жизнедеятельности гидробионта. У предличинки, которая только произвела выклев, желудочно-кишечный тракт еще не заселен полезной микрофлорой.

Поэтому необходимо поддерживать высокое качество воды, так как именно из нее и будут попадать микроорганизмы в пищеварительную и дыхательную системы (Юхименко, Л. Н., Бычкова, Л. И., 2012; Котова, Е. А., Пышманцева, Н. А., Осепчук, Д. В. с соавт., 2012; Cahill, M. M., 1990; Clements, K. D., 1997).

На данный момент лечение рыб антибиотиками запрещено во многих странах. Поэтому использование в качестве лечебной терапии заселения организма живой культурой молочнокислых бактерий повышает защитные свойства организма, а также оказывает противовоспалительный эффект (Fuller, R. A., 1989; Ringo, E., Gatesoupe, F. J., 1998; Zorriehzahra, M. J., Adel, M., Delshad, S. T., Tiwari, R., Karthik, K., Dhama, K., Lazado, C. C., 2016).

Благоприятное воздействие биологических добавок также помогает справляться с различными патогенами, выделение которых приводит к загрязнению водной среды (Зуева, М. С., 2021; Ibrahim, M. D., 2015).

В научной работе Al-Dohail, M. A., Hashim, R., Aliyu-Paiko, M. (2009), которая была посвящена влиянию лактобактерий на рост африканского клариевого сома, было доказано, что добавление в корм пробиотика *L. acidophilus*, привело к увеличению скорости роста, а также улучшению процента выживаемости по сравнению с гидробионтами контрольной группы.

Применение пробиотиков снижает риски воздействия бактериальных инфекций, этим самым позволяет улучшать процессы всасывания и переваривания кормов (Ушакова, Н. А., Пономарев, С. В., Правдин, В. Г. с соавт., 2013; Спирина, Е. В., Романова, Е. М., Любомирова В. Н., Шленкина Т. М., 2019; Текебаева, Ж. Б., Шахабаева, Г. С., Сармурзина, З. С. с соавт., 2020; Kumar, R., Mukherjee, S. C., Prasad, K. P., Pal, A. K., 2006; Deschrijver, R., Ollevier, F., 2000).

Использование кормов в составе комплекса лакто- и бифидобактерий в исследованиях Явникова, Н. В. (2020) оказало положительный эффект на развитие карпа, что проявилось приростом массы тела.

Как указано в диссертации Артеменкова, Д. В. (2013), в качестве кормовой добавки был применен пробиотик с содержанием *Bacillus subtilis* и

Bacillus licheniformis. Данные пробиотики являются активными катализаторами пищеварительных ферментов, обладают антимикробными свойствами, а также могут предотвращать развитие различных кишечных инфекций. При добавлении их в корма мраморного сома наблюдался прирост массы тела, увеличение длины тела изучаемого гидробионта (Буяров, В. С., Юшкова, Ю. А., 2016; Hai, N. V., 2015).

Согласно научной статье Шленкина, Т. А., Романова, Е. М., Шадыева, Л.А., Васильев, А. В. (2022) по изучению кормовой добавки, которая содержит комплекс пробиотиков, витаминов и аминокислот, наблюдается повышение устойчивости рыб разных возрастных групп к стресс-факторам.

В работе Романова, Е. М., Спирина, Е. В., Романов, В. В., Шадыева, Л. А. (2020) были проведены исследования по вскармливанию африканскому клариевому сому пробиотика «Споротермин» в УЗВ. В результате исследования клинического анализа крови было отмечено снижение уровня кортизола на фоне применения данного препарата, что указывает на повышение устойчивости животных к различным стресс-факторам, которые могут возникать в бассейнах для искусственного разведения рыб, отличающихся от условий естественной среды их обитания.

При гистологической оценке кишечника африканского клариевого сома на фоне применения пробиотика, содержащего грамположительные аэробные бактерии, было отмечено повышение сохранности кишечных ворсинок и целостности границ клеток эпителиальной пластинки слизистой изучаемого органа. При этом у гидробионтов контрольной группы на гистопрепаратах отмечался отек тканей мышечной и серозной оболочек кишки (Романова, Е. М., Спирина, Е. В., Любомирова, В. Н., Романов, В. В., 2019; Das, S., Adams, L., Burke, C., 2008).

Представители рода *Bacillus* являются спорообразующими, что позволяет им выживать в разных условиях. Данные микроорганизмы в составе биологических добавок оказывают антимикробное действие, а также повышают устойчивость к болезням, встречающимся у представителей

аквакультуры, при этом сохраняя целостность органов и тканей. Комплекс биологически активных добавок может служить одним из методов профилактики загрязнения вод патогенными микроорганизмами (Kuebutornye, F. K. A., Abarike, E. D., Lu., Y., 2019; Soltani, M., Lymbery, A. J., Ghosh, K., Hoseinifar, S. H., Kumar, V., Roy, S., Ringo, E., 2019).

Как показали исследования лейкоцитарной формулы крови африканского клариевого сома, применение группы аэробных бактерий привело к снижению доли нейтрофилов и моноцитов, а также оптимизировало микробиоту желудочно-кишечного тракта. Также полученные данные Шленкина, Т. М., Романова, Е. М., Мухитова, М. Э. (2018) подтверждают тот факт, что применение пробиотиков при выращивании клариевого сома, сохраняет полезные свойства мяса, необходимые для здорового питания человека.

В работе Ильяшенко, А. Н. (2022) указывается на то, что спорообразующие бактерии влияют на правильную работу органов пищеварительной системы, улучшают микробиоту кишечника и непосредственно повышают качество воды. Вид спорообразующих бактерий может заселять стенку кишечника, этим самым создавать защитную биопленку для сохранения нормальной микрофлоры и поддержания оптимальной среды.

При добавлении в корм карповых вида *Cyprinus carpio* пробиотического препарата «Целлобактерин-Т» как обладателя комплекса ферментов, а также антибактериальных свойств с содержанием *Bacillus subtilis*, в крови отмечено изменение формы и смещение ядра эритроцитов как у рыб подопытной, так и контрольной групп, чем был доказан тот факт, что применение данной кормовой добавки не приводит к негативному воздействию и препарат является безопасным (Данилевская, Н., 2012; Михайлов, Е. В., Востроилова, Г. А., Шабанов, Д. И. с соавт., 2022; Clauss, M. T., Dove, A. D. M., Arnold, J. E., 2008).

В научной работе Romanova, E., Spirina, E. Romanov, V., Lyubomirova, V., Shadyeva, L. (2020) приведены данные исследования африканского клариевого сома, в которых было доказано снижение уровня кортизола в крови после применения биологических добавок. Отмечено, что изменения формы ядра эритроцитов на фоне применения пробиотика в процентном соотношении были значительно меньше. Вскармливание биологических добавок предотвращает развитие стресс-факторов, которые могут возникать при транспортировке мальков и взрослых особей рыб, а также поддерживают гомеостаз в организме.

Вследствие интенсификации производства продуктов аквакультуры возникает все больше рисков развития микозных и паразитарных поражений в рыбоводческих хозяйствах. Применение пробиотических препаратов может заменить использование различных вакцин для защиты здоровья животных и, что немаловажно, поддерживать нормальное состояние водной среды (Ibrahim, M. D., 2015).

При изучении биологически активной добавки «Бацелл-М» в составе которой содержались *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus paracasei* и *Enterococcus faecium*, на микрофлору кишечника *Cyprinus carpio* установлено, что совокупность данных организмов оказывает значительное влияние на защитные свойства рыб, а также нормализует микрофлору желудочно-кишечного тракта. Применение данной добавки показало, что результат оценки микробиоты указывает на снижение патогенной обсемененности, при этом число лактобактерий значительно возрастает, что говорит о положительном влиянии данной кормовой добавки на микрофлору органов пищеварительной системы (Омельченко, П. И., Калошкипа, И. М., Лысенко, А. А., 2017; Саврасова, Н. П., Михайлов, Е. В., Семенов, С. Н. с соавт., 2023, 2023а).

Лакто- и бифидобактерии обладают большим спектром полезных свойств для всего организма. Их действие эффективно в борьбе с *B. subtilis*, *Shigella sonnei* и *Pseudomonas aeruginosa*, за исключением представителей

грибов *Candida*. Помимо защиты от различных болезней, они способствуют более активному росту и развитию организма.

Одной из важнейших особенностей применения пробиотиков является то, что они поддерживают основанную на лимфоидной ткани иммунную систему слизистых оболочек (MALT) и, что очень важно, являются абсолютно экологичными как для животных, так и для человека (Червинец, Ю. В., Червинец, В. М., Самоукина, А. М., Михайлова, Е. С., 2009; Чижаева, А. В., Олейникова, Е. А., Амангелды, А. А., 2021).

В работе Литоша, Т. А., Пищенко, Е. В., Моружи, И. В., Ноздрин, Г. А. (2019) приведены данные исследования *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* при добавлении в корм сеголеткам зеркального карпа. Результаты опытов показали увеличение темпов роста рыбы, повышение коэффициента упитанности, а также увеличение количества зоопланктона в воде за счет полезных свойств пробиотика.

Одной из важных особенностей пробиотических добавок является то, что снижаются экономические затраты на расход корма, то есть повышается показатель конверсии кормов (Akrami, R., Najimoradloo, A., Matinfar, A., 2009).

Таким образом, можно указать, что научных исследований, посвященных изучению морфологии *S. gariepinus* и гистогенезу органов в ранние периоды онтогенеза под действием биотических и абиотических факторов, недостаточно.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Материалы и методы исследований

Научные исследования по теме диссертационной работы проводились в период с 2020 по 2023 годы на кафедре биологии, экологии и гистологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», а также на базе рыбоводческого хозяйства «SOMOFF», расположенного в г. Красное Село.

Объектом исследований являлся африканский клариевый сом (*C.gariepinus*) в ранние периоды онтогенеза. Были изучены икра, предличинки, личинки и мальки *C. gariepinus*. Всего за период исследований было заложено на инкубацию около 900 тыс. икринок, из которых исследовано 18600 особей. Исследования проводили с трехкратной повторностью. Из каждой подопытной группы для морфометрии были отобраны по 100 образцов и для изготовления гистологических препаратов 50 особей разных возрастных групп.

Икра была получена от самок в возрасте от 1,5 до 2-х лет. Оплодотворение икры в данном хозяйстве проводят путем искусственного осеменения. Инкубация икры в рыбохозяйстве осуществляется на инкубационных рамках, а выращивание ранних стадий изучаемых гидробионтов проводится в малогабаритных секционных бассейнах объемом 45 литров. После выклева на ранних стадиях постэмбрионального развития животным задавали корм премиум-класса LARVIVA PRO-START с высоким содержанием протеина. Корм специально разработан с помощью технологии, которая обеспечивает хорошую его плавучесть в толще воды.

В ходе изучения объектов аквакультуры были применены морфологические, морфометрические, патоморфологические и гистологические методы исследований. Изготовление гистологических препаратов проводилось в гистологической лаборатории кафедры биологии,

экологии и гистологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

В первой серии опытов с применением биотических факторов проведены исследования с добавлением в корм лактобактерий, бифидобактерий, а также комплекса лакто- и бифидобактерий. В ходе эксперимента были сформированы контрольная и три подопытные группы из личинок в возрасте 5 дней, которые содержались в бассейнах замкнутого водоснабжения.

С 5-го дня личинки контрольной группы получали корм премиум-класса LARVIVA PRO-START, который обладает высокой плавучестью, а гидробионтам подопытных групп скармливали аналогичный корм с кормовыми добавками. Состав пробиотиков первой подопытной группы был представлен *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, второй - *Bifidobacterium lactis* и третьей - *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Bifidobacterium lactis*. Сухие монокультуры и комплексная биологическая добавка задавались от 4 до 8 раз в сутки в зависимости от возраста животных в смеси с кормом в количестве 2 г на 100 г корма.

Морфометрические исследования, патологоанатомическое вскрытие, а также получение материала для изготовления гистологических препаратов проводили на 7-й, 14-й, 21-й, 30-й и 60-й день после выклева. Морфометрия личинок и мальков осуществлялась с применением цифрового электронного штангенциркуля (ИЧЦ) с точностью до 0,1 мм, структур микропрепаратов – в программе ImageJ. Взвешивание изучаемых животных производили с применением лабораторных весов M-ER 122 ACF-1500.

Материалом для гистологического исследования служили цельные личинки и мальки в возрасте до 21-го дня, а у более старших возрастных групп отбирались отделы пищеварительного канала (передняя, средняя и задняя кишки), а также печень, почки, поджелудочная железа и жабры.

Гистологические препараты личинок помещались в разработанную и запатентованную гистологическую кассету для исследования предличинок и личинок гидробионтов (Патент РФ на полезную модель № 213986 U1).

При обезвоживании личинок и мальков применялась усовершенствованная методика, адаптированная к исследуемому материалу, с изопропиловым спиртом в четырех разных концентрациях: 60%-й, 70%-й, 80%-й и 90%-й спирт, без использования 100%-го спирта. Данный метод позволяет осуществить постепенную дегидратацию образца, сохранить гистоструктуру тканей и органов, не подвергая их травматизации, и предупредить пересушивание пробы.

Срезы толщиной 3,0–3,5 мкм изготавливали на ротационном моторизованном микротоме РОТМИК-2М. Окраска гистологических срезов осуществлялась различными методами для определения оптимального протокола для визуализации всех интересующих структур.

Гистологическую окраску проводили следующими методами согласно указанным в инструкциях протоколам:

- а) Гематоксилин Майера и 1,0% спиртовой эозин.
- б) Гематоксилин Джилла и 1,0% спиртовой эозин.
- в) Альциановый синий (гистохимический метод).
- г) Толуидиновый синий (гистохимический метод).
- д) По Ван-Гизон трихром (стандартизированный набор).
- е) Окраска по Перльсу (гистохимический метод).
- ж) Окраска по Маллори (гистохимический метод).
- з) Окраска для выявления возраста фибрина.

Микроскопировали гистологические препараты при помощи светооптического микроскопа Микмед-5 при увеличении x40, x100, x400, x600 и x1000 мкм. Фотофиксацию проводили при помощи цифровой камеры Lomo MC-3 № ХС 1272.

Оценка количественного анализа содержания микробиоты (группы микроорганизмов и их общего числа) проводилась в молекулярно-

генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ» методом ПЦР с использованием амплификатора детектирующего ДТ Lite-4 (ООО «НПО ДНК-Технология»).

Вторая серия опытов по изучению абиотических факторов включала определение физиологических параметров, таких как процент выклева и морфометрических показателей. Инкубация икры проводилась при четырех температурных режимах: +28⁰С, +26⁰С, +24⁰С и +22⁰С. Во время исследования применяли три режима освещенности: темный световой режим, люминесцентное и светодиодное освещение, а также изменяли рН от 5,5 до 8,5. Для изменения показателей рН использовали ортофосфорную кислоту и гидрокарбонат натрия. Концентрацию определяли с помощью рН метра и лакмусовых индикаторных полосок.

Оценка жизнеспособности в ранние периоды эмбрионального развития проводилась путем микроскопии икры и подсчета процента активных эмбрионов клариевого сома, размещенных под крышку чашки Петри.

Достоверность результатов исследований подтверждается применением статистической обработки морфометрических данных с использованием критерия по Пирсону.

Общая схема исследований представлена на рисунке 1.

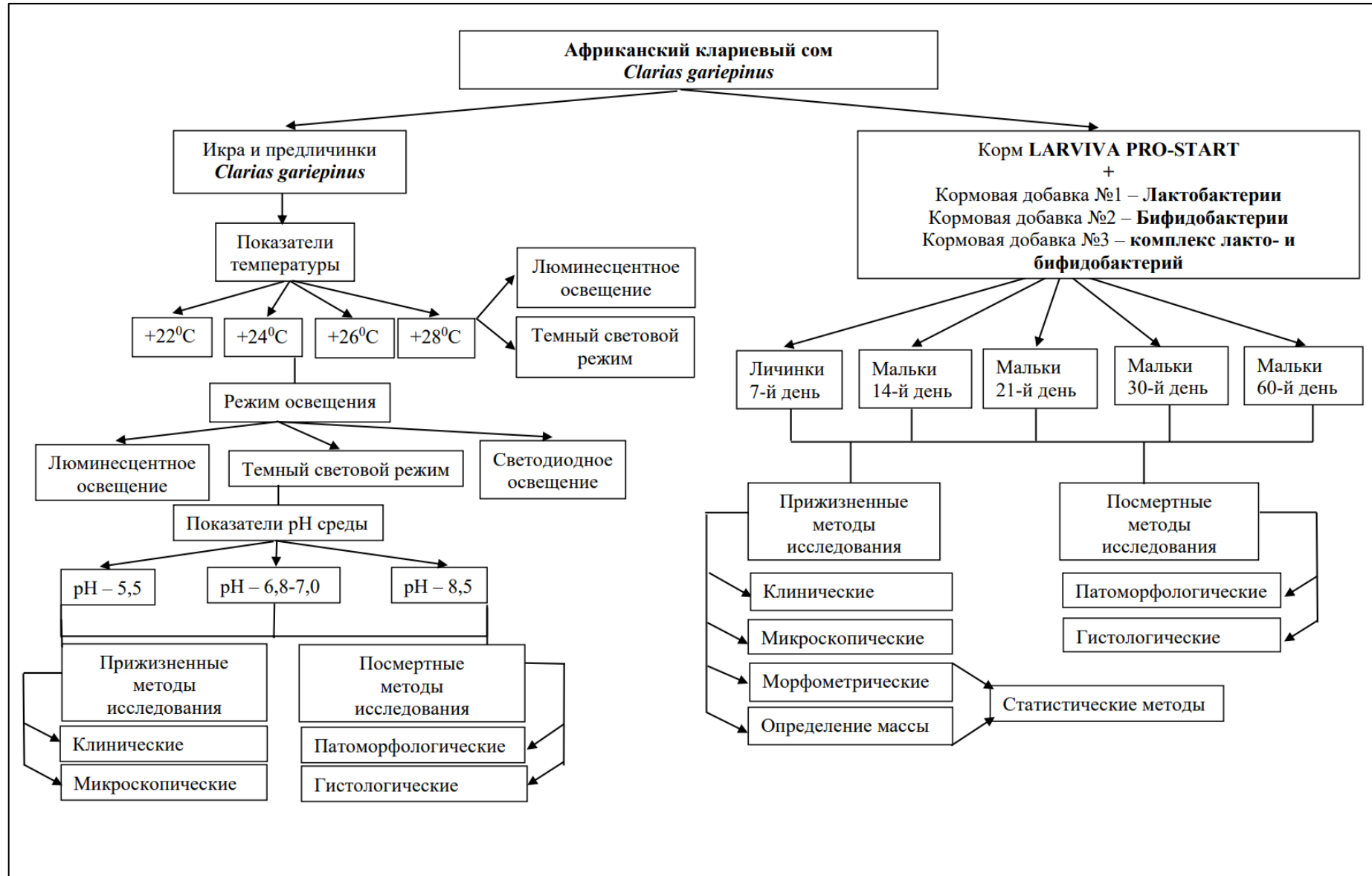


Рисунок 1 – Схема исследований.

2.2 Морфологическая оценка развития органов *C. gariepinus* на фоне применения кормовых добавок

Для нормализации кишечной микрофлоры и профилактики желудочно-кишечных заболеваний у животных используют биологически активные добавки. В животноводстве часто применяются пробиотики на основе симбионтов пищеварительной системы в виде сухих универсальных биопрепаратов.

Для изучения влияния пробиотиков на ранние периоды онтогенеза были проведены опыты с оценкой воздействия лактобактерий, бифидобактерий, комплекса лакто- и бифидобактерий на рост и развитие африканского клариевого сома.

После оплодотворения икру африканского сома размещали на специальные сетчатые поддоны для инкубации. На пятый день после выклева согласно рационам, приведенным в таблице 1, были сформированы 4 подопытные группы *C. gariepinus*.

Таблица 1 – Рационы кормления личинок и мальков подопытных групп

Подопытные группы	Корм	Состав пробиотика
1.1 (контроль)	Корм LARVIVA PRO-START	–
1.2		<i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i>
1.3		<i>Bifidobacterium bifidum</i>
1.4		<i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i> , <i>Bifidobacterium lactis</i>

Пробиотические добавки для вскармливания личинок и мальков африканского клариевого сома применялись в течение одного месяца.

На 7-й, 14-й, 21-й, 30-й и 60-й день после выклева были проведены измерения длины тела и головы данных животных. В эти же периоды осуществляли морфологический анализ и исследовали гистологические препараты органов пищеварительной, выделительной и дыхательной систем африканского сома.

2.2.1 Морфология личинок *C. gariepinus* на 7-й день после выклева

На 7-й день после выклева провели макроскопическое исследование личинок подопытных групп и установили уменьшение размеров желточного мешка, смещение ротовой полости вниз и увеличение подвижности, что указывает на адаптацию к условиям среды обитания (рисунок 2).

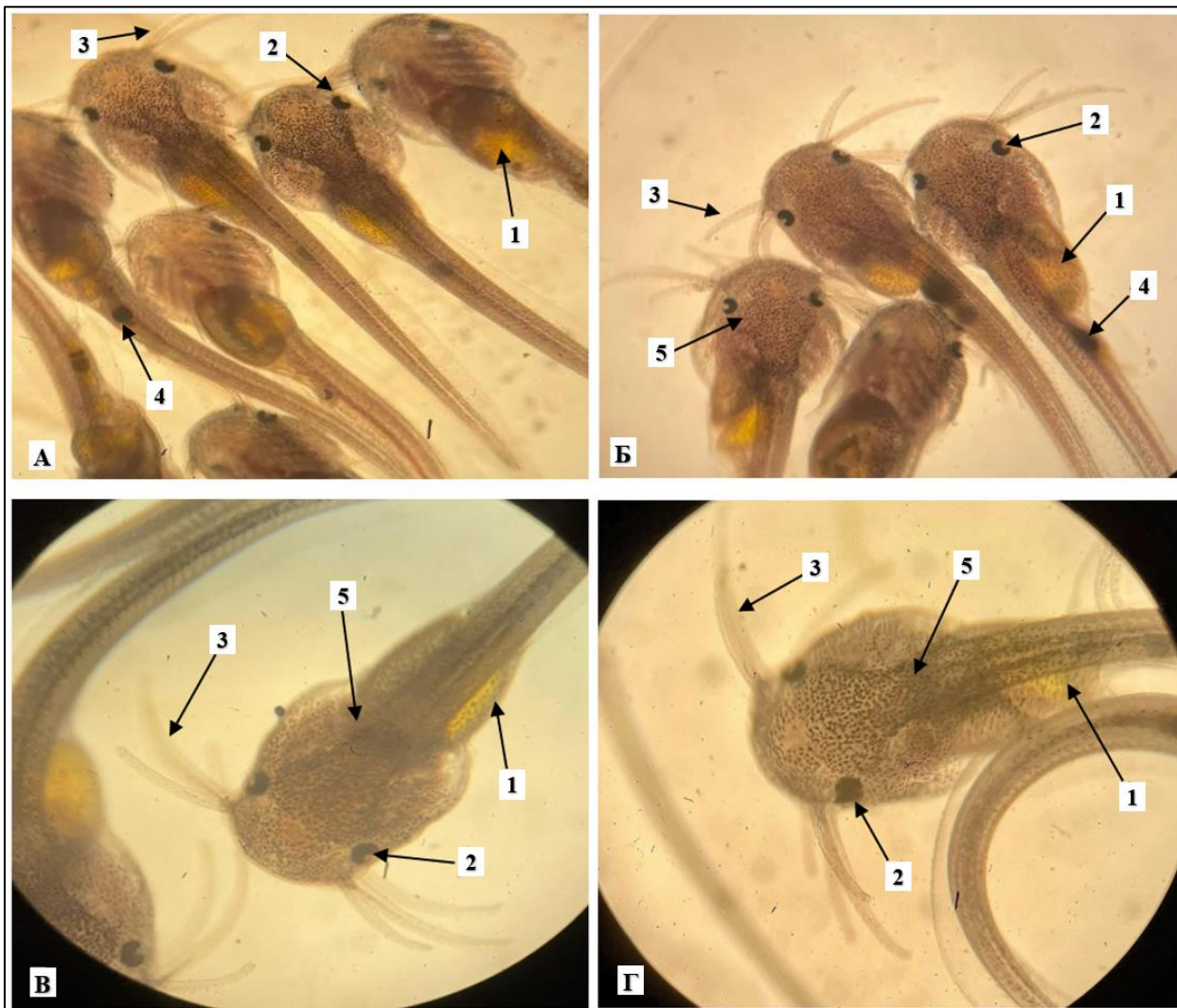


Рисунок 2 – Личинки *C. gariepinus* на 7-й день после выклева (А – группа 1.1, Б – группа 1.2, В – группа 1.3 и Г – группа 1.4). Стрелками обозначены: 1 – желточный мешок; 2 – глаз; 3 – усики; 4 – пищеварительный канал; 5 – пигментация внешних покровов. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

Отмечено, что на второй день после начала дачи корма с пробиотиками видимых изменений в общем клиническом состоянии личинок подопытных групп не выявлено.

Результаты исследования морфометрии личинок через неделю после выклева приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры *C. gariepinus* на 7-й день после выклева, n=100 (M±m)

(M±m) № группы	Кормовая добавка	Длина тела, мм	Длина головы, мм
1.1	Контроль (без кормовой добавки)	8,10±0,13	1,60±0,05
1.2	Лактобактерии	8,60±0,34	1,40±0,07
1.3	Бифидобактерии	8,90±0,16	1,50±0,05
1.4	Комплекс лакто– и бифидобактерий	7,90±0,08	1,60±0,05

Исходя из параметров, полученных на 7-й день исследования, было выявлено, что наибольшая средняя длина тела отмечалась у личинок 1.3 (третьей) подопытной группы с применением бифидобактерий (8,90±0,16 мм), а наибольшая длина головного отдела установлена у рыб 1.1 (контрольной) группы (1,60±0,05 мм), которым скармливали корм без пробиотиков.

При изучении гистологических препаратов органов желудочно-кишечного тракта личинок *C. gariepinus* было обнаружено, что к 7-дневному возрасту у животных всех подопытных групп завершается процесс формирования пищеварительного канала и все его отделы хорошо дифференцируются (рисунок 3 и 4).

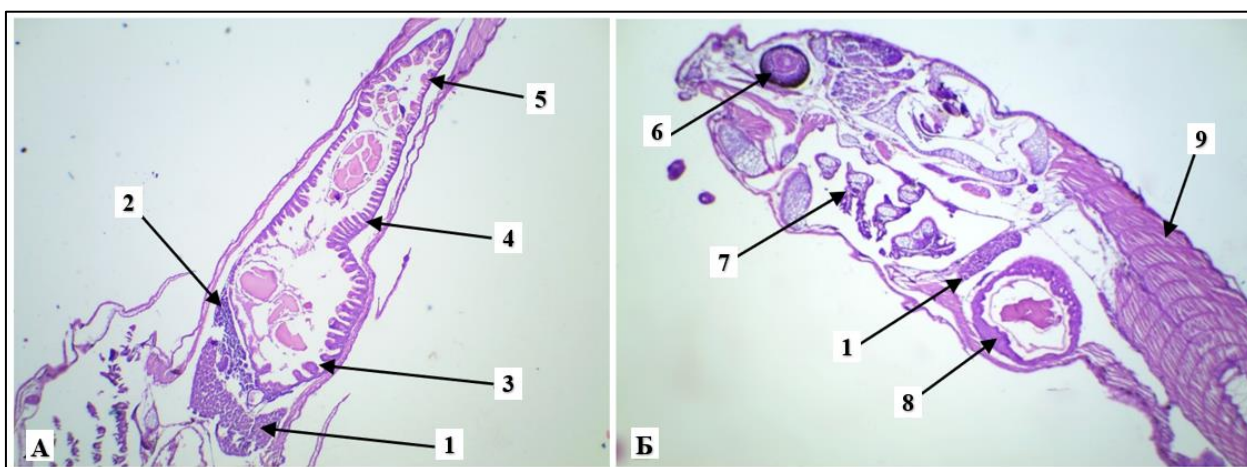


Рисунок 3 – Личинки *C. gariepinus* на 7-й день после выклева (А - фронтальная и Б - сагиттальная плоскости). Стрелками обозначены: 1 – печень; 2 – поджелудочная железа; 3 – передний отдел кишки; 4 – средний отдел кишки; 5 – задний отдел кишки; 6 – глаз;

7 – глоточные хрящи; 8 – желудок; 9 – поперечно-исчерченная мышечная ткань.
 Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x40.

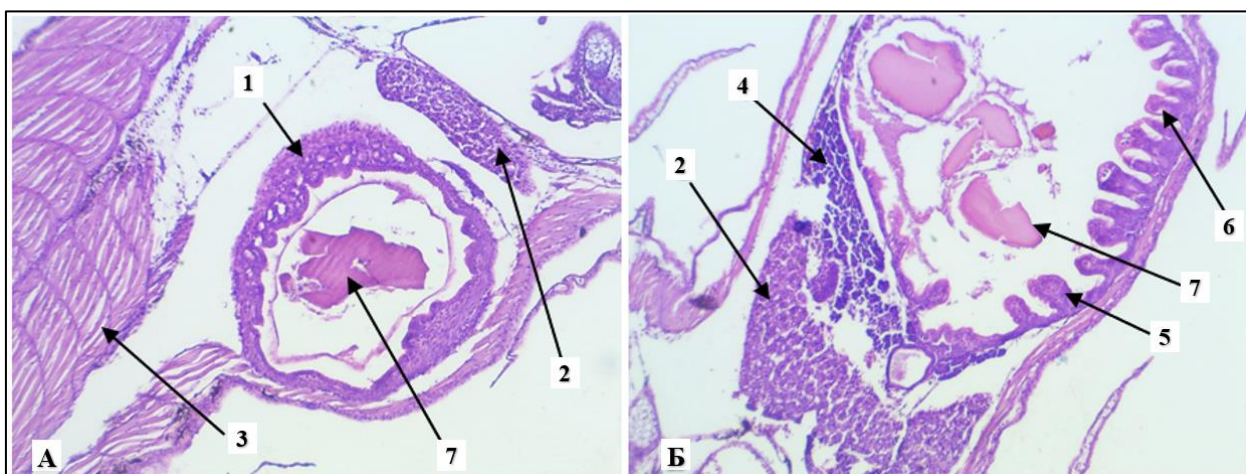


Рисунок 4 – Личинки *C. gariepinus* на 7-й день после выклева. Стрелками обозначены:
 1 – желудок; 2 – печень; 3 – поперечно-исчерченная мышечная ткань;
 4 – поджелудочная железа; 5 – передний отдел кишки; 6 – ворсинки передней кишки;
 7 – кормовые массы. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x200.

Результаты сравнительных морфологических исследований, представленные на рисунке 5.

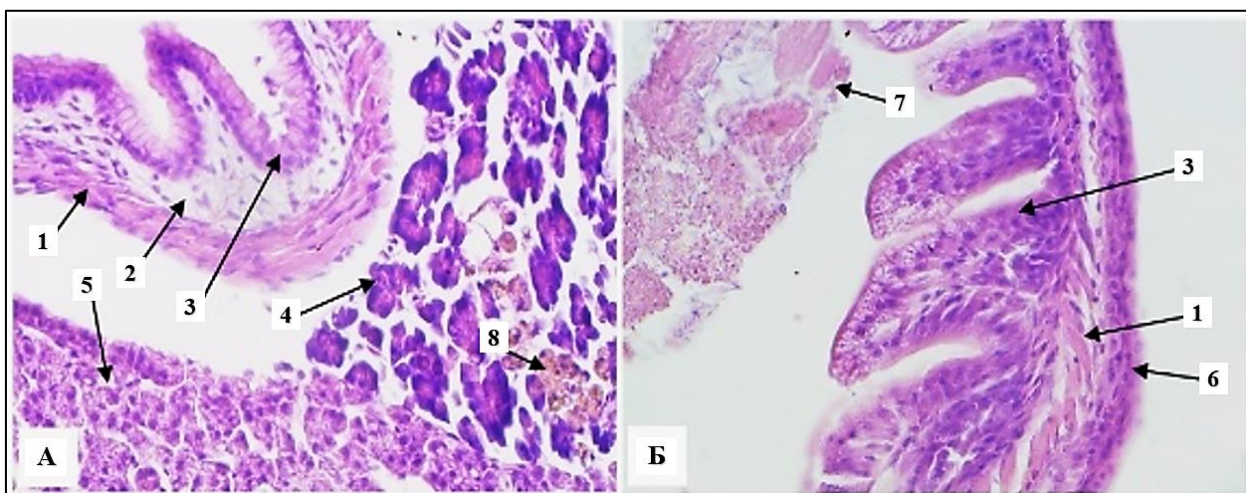


Рисунок 5 – Фрагмент тканевой дифференцировки некоторых органов пищеварительной системы *C. gariepinus* на 7-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – мышечная оболочка стенки желудка; 2 – подслизистая основа стенки желудка; 3 – однослойный призматический железистый эпителий; 4 – поджелудочная железа; 5 – печень;
 6 – серозная оболочка передней кишки; 7 – кормовые массы; 8 – островки эндокриноцитов. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x400.

Установили равномерное развитие органов пищеварительной системы у 7-суточных личинок контрольной (1.1) и подопытной (1.4) групп, где применяли комплекс лакто- и бифидобактерий.

На данной стадии развития видно, что тканевая организация стенки пищеварительного канала у личинок к 7-дневному возрасту отчетливо сформирована и различима эпителиальная пластинка со всеми специфическими для каждого отдела особенностями. Хорошо визуализируются границы эпителиальных клеток, четко выражены базофильно окрашенные ядра.

При изучении микроструктуры поджелудочной железы обнаружены секреторные концевые отделы, которые образуют паренхиму данного органа. Между ацинусами экзокриноцитов встречаются эндокринные островки с высокой васкулизацией и со слабодифференцированными клетками.

У личинок всех подопытных групп визуализируется участок перехода многослойного плоского эпителия слизистой пищевода, имеющего эктодермальное происхождение, в однослойный однорядный призматический эпителий желудка энтодермального происхождения (рисунок б).

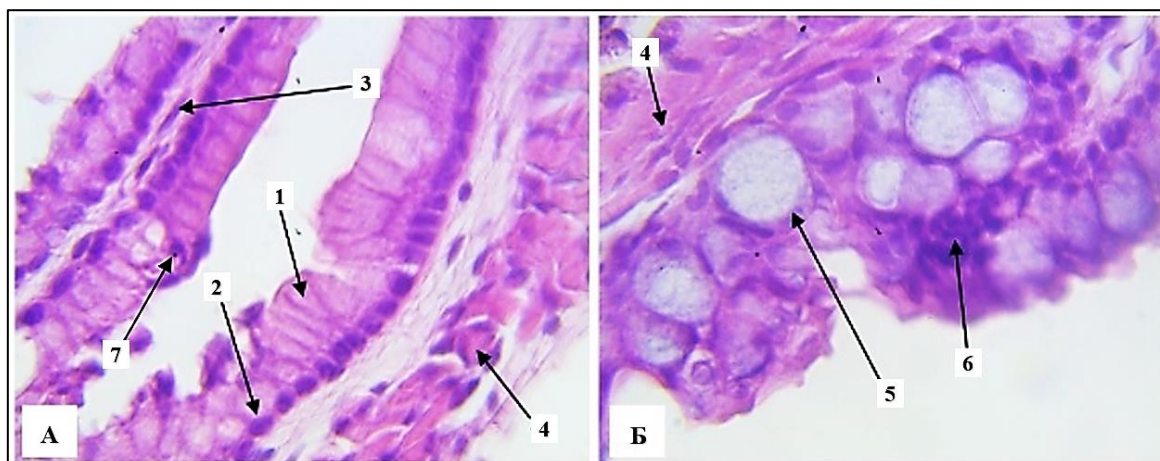


Рисунок б – Переход пищевода в желудок (А - ув. х600) и стенка пищевода (Б – ув. х1000) личинки *C. gariepinus* на 7-й день после выклева. Стрелками обозначены:

- 1 – однослойный однорядный призматический эпителий желудка; 2 – базофильно окрашенные ядра эпителиальных клеток; 3 – рыхлая волокнистая соединительная ткань;
- 4 – мышечная оболочка; 5 – секреторные клетки стенки пищевода; 6 – многослойный плоский эпителий пищевода; 7 – участок перехода пищевода в желудок.

Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

2.2.2 Морфология мальков *C. gariepinus* на 14-й день после выклева

Следует отметить, что на 14-й день после выклева наблюдается полное завершение процесса формирования органов желудочно-кишечного тракта (рисунок 7).

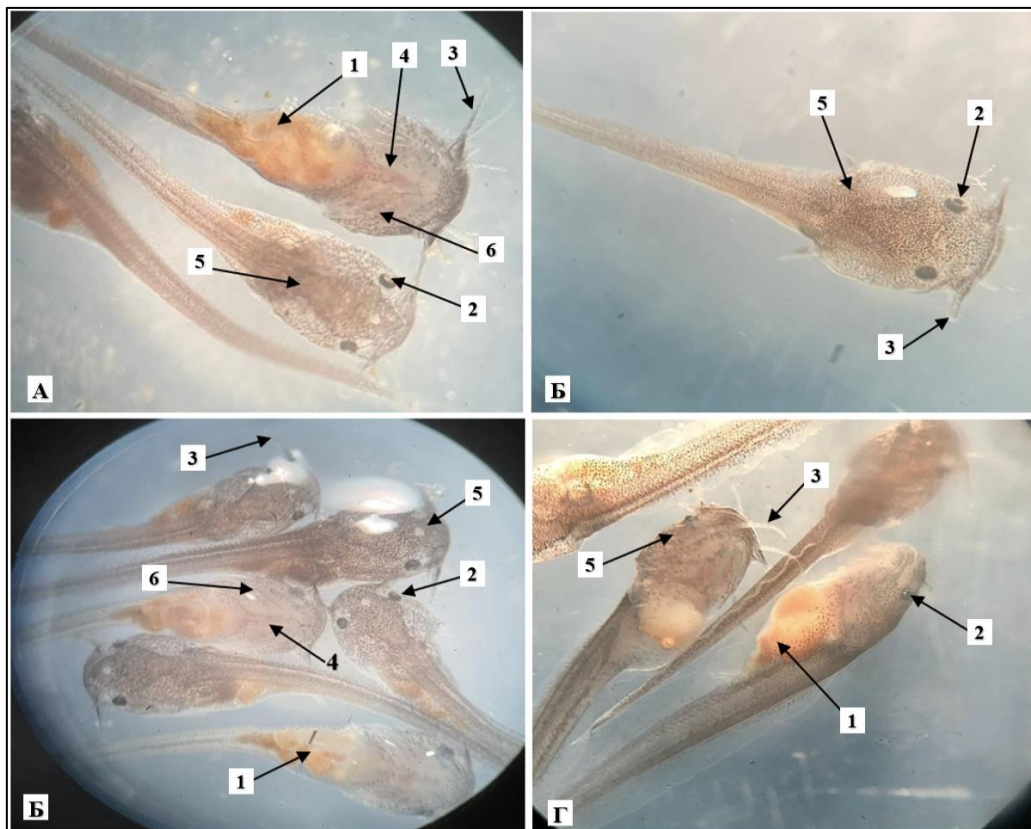


Рисунок 7 – Мальки *C. gariepinus* на 14-й день после выклева (А – группа 1.1, Б – группа 1.2, В – группа 1.3 и Г – группа 1.4). Стрелками обозначены: 1 – пищеварительный канал; 2 – глаз; 3 – усики; 4 – сердце; 5 – пигментация внешних покровов; 6 – жаберные дуги. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

К этому сроку также выражена пигментация тела, происходит полное завершение формирования дыхательной системы и жабры активно функционируют, что проявляется визуально движением жаберных крышек.

Для оценки степени развития мальков клариевого сома мы провели морфометрические исследования, результаты которых показали, что отличия в параметрах изучаемых гидробионтов подопытных групп выражены незначительно (таблица 3).

Таблица 3 – Параметры *C. gariepinus* на 14-й день после выклева, n=100
(M±m)

№ группы	Кормовая добавка	Длина тела, мм	Длина головы, мм
1.1	Контроль (без кормовой добавки)	10,70±0,33	2,40±0,07
1.2	Лактобактерии	9,10±0,08	1,90±0,03
1.3	Бифидобактерии	9,20±0,16	1,80±0,03
1.4	Комплекс лакто- и бифидобактерий	11,20±0,29	2,40±0,06

Однако, исходя из данных, полученных на 14-й день исследования было установлено, что наибольшее увеличение длины тела наблюдалось у мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы с применением комплекса лакто- и бифидобактерий и составляло 11,20±0,29 мм.

Морфологический анализ срезов органов и тканей мальков подопытных групп в возрасте двух недель существенных отличий в строении органов пищеварительной системы не выявил (рисунок 8 и 9).

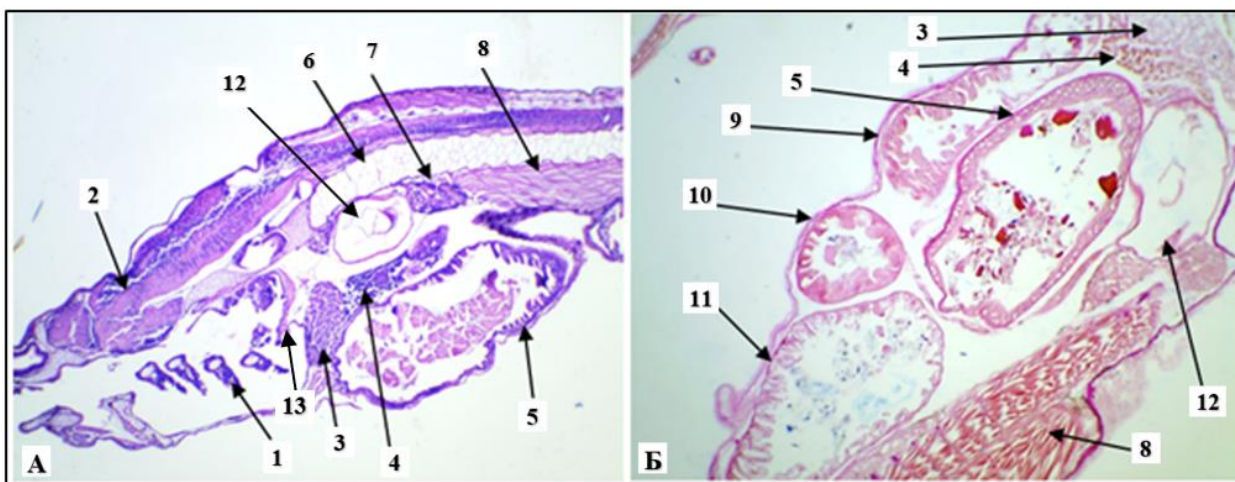


Рисунок 8 – Микроструктуры органов *C. gariepinus* на 14-й день после выклева
А (x100), Б (x200). Стрелками обозначены: 1 – глоточные хрящи; 2 – отделы головного мозга; 3 – печень; 4 – поджелудочная железа; 5 – желудок; 6 – жировая ткань; 7 – срезы почечных канальцев; 8 – поперечно-исчерченная мышечная ткань; 9 – передний отдел кишки; 10 – средний отдел кишки; 11 – задний отдел кишки; 12 – плавательный пузырь, 13 - наджаберный орган. Окраска (А – гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина и Б – по Перльс Ван– Гизону). Увеличение x100.

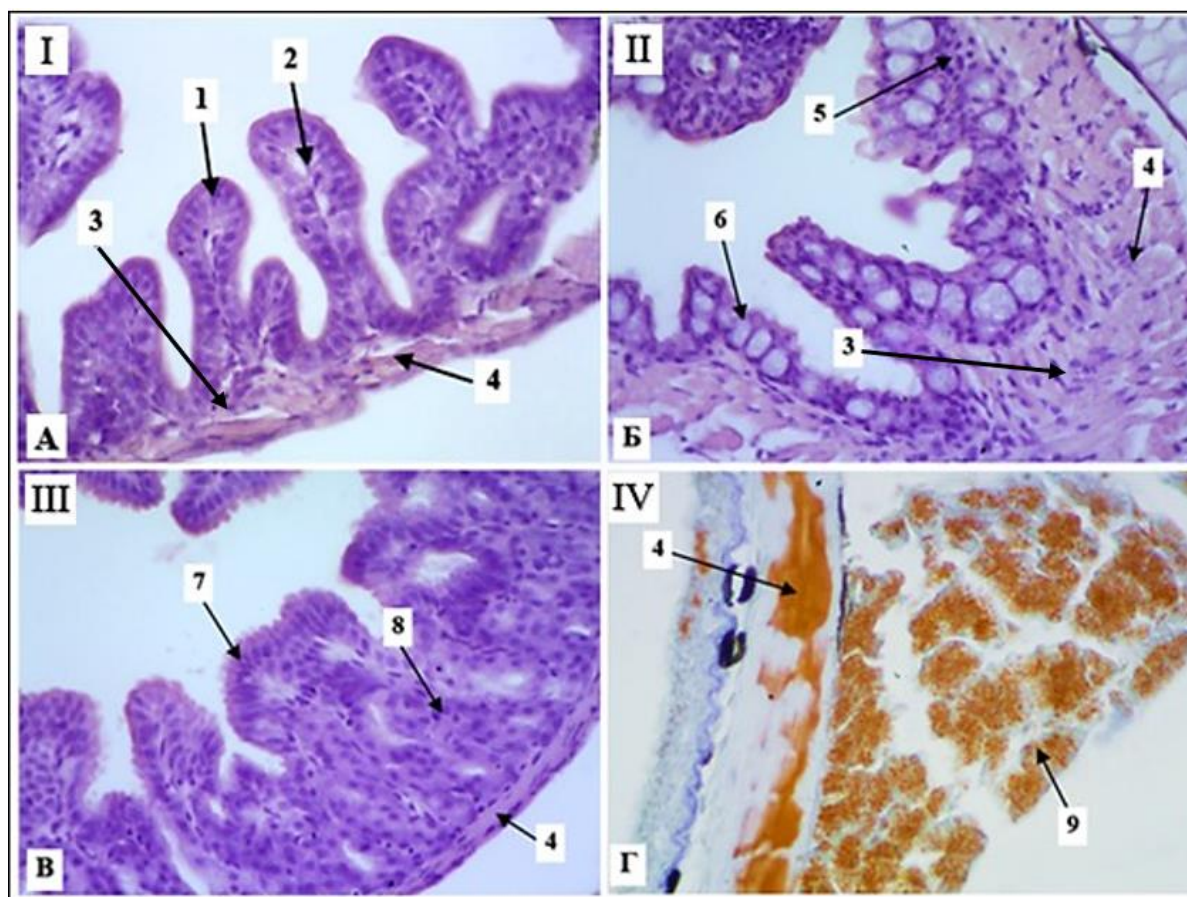


Рисунок 9 – Некоторые отделы пищеварительной системы *C. gariepinus* на 14-й день после выклева (I – средний отдел кишки; II – пищевод; III – желудок; IV – поджелудочная железа). Стрелками обозначены: 1 – однослойный однорядный призматический каемчатый эпителий кишки; 2 – собственная пластинка слизистой оболочки; 3 – подслизистая основа; 4 – мышечная ткань; 5 – многослойный плоский неороговевающий эпителий пищевода; 6 – слизистые клетки; 7 – однослойный призматический железистый эпителий желудка; 8 – концевые отделы желез желудка; 9 – панкреоциты. Окраска А, Б, В – гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина, Г – окраска для выявления возраста фибрина. Увеличение x400.

К концу личиночной стадии развития (к 14-му дню после выклева) у изучаемых объектов контрольной (1.1) и четвертой (1.4) подопытной групп наблюдается завершение роста и развития органов пищеварительного канала. На окрашенных гистологических препаратах гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина хорошо визуализированы особенности органов пищеварительной системы, включая концевые отделы, состоящие из ацинусов поджелудочной железы (рисунок 10).

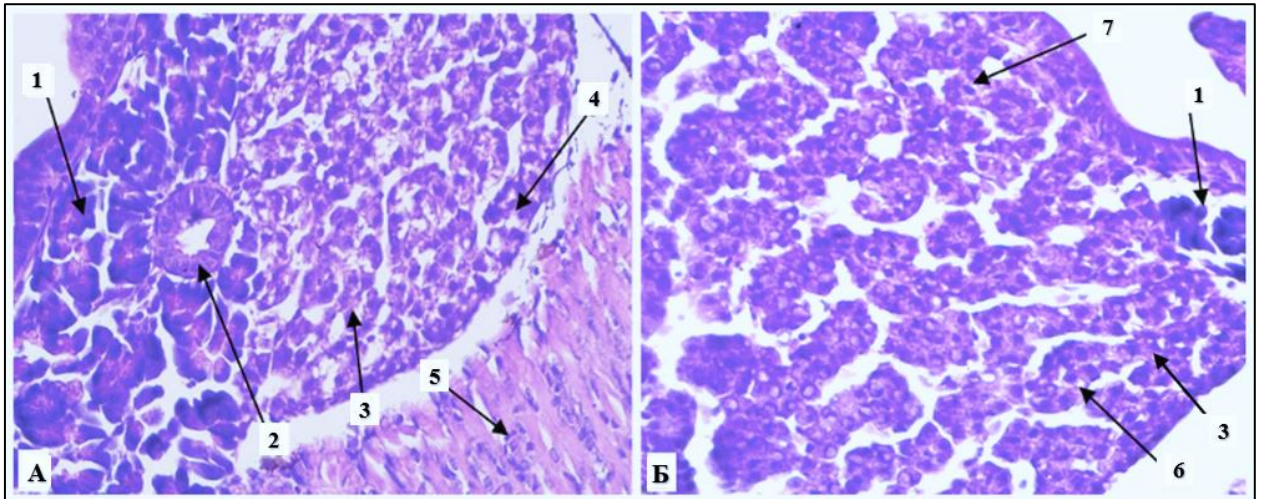


Рисунок 10 – Фрагмент органов пищеварительной системы *C. gariepinus* на 14-й день после выклева. (А – группа 1.1, Б– группа 1.4). Стрелками обозначены: 1 – поджелудочная железа (экзокриноциты); 2 – проток поджелудочной железы; 3 – печень; 4 – вакуолизированные гепатоциты; 5 – скелетная мускулатура; 6 – гепатоциты; 7 – ядра гепатоцитов. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x400.

Спустя 14 дней после выклева при окраске гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым эозином у рыб 1.1 (контрольной) группы в паренхиме печени повышено количество вакуолизированных клеток, тогда как у мальков четвертой (1.4) подопытной группы их численность значительно меньше, а также более четко видны границы гепатоцитов.

С помощью этого метода хорошо выявляются также ткани выделительной системы мальков подопытной (1.4) группы африканского клариевого сома. В почке выявили типичные для данного вида морфологические структуры, которые представлены на рисунке 11.

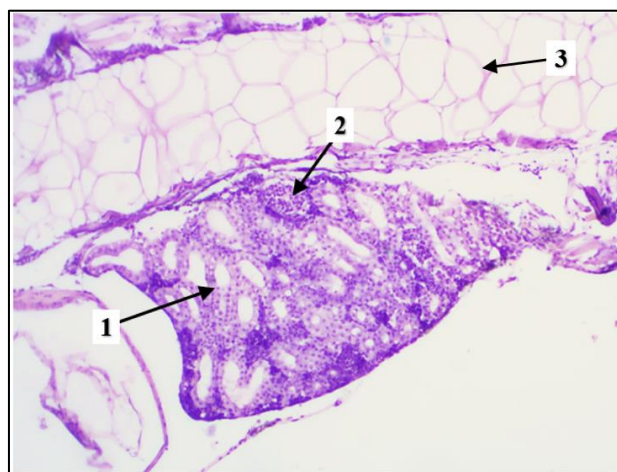


Рисунок 11 – Микропрепарат почки *C. gariepinus* на 14-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – почечные каналцы; 2 – почечное тельце; 3 – жировая ткань. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x200.

Органы мочевыделительной системы малька африканского сома на 14-й день после выклева без видимых изменений и микроструктура тканей соответствует степени их развития для данного возраста. В почках мальков подопытных групп обнаружено увеличение количества проксимальных почечных канальцев. Эпителиальные клетки канальцев, у рыб всех подопытных групп, низкопризматической формы с четкими границами (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., Сафронов, Д. И., 2023).

2.2.3 Морфология мальков *C. gariepinus* на 21-й день после выклева

На 21-й день у исследованных особей наблюдается резкое увеличение размеров тела и головы, а также более выражены опорные структуры, в частности грудные и хвостовой плавники (рисунок 12).

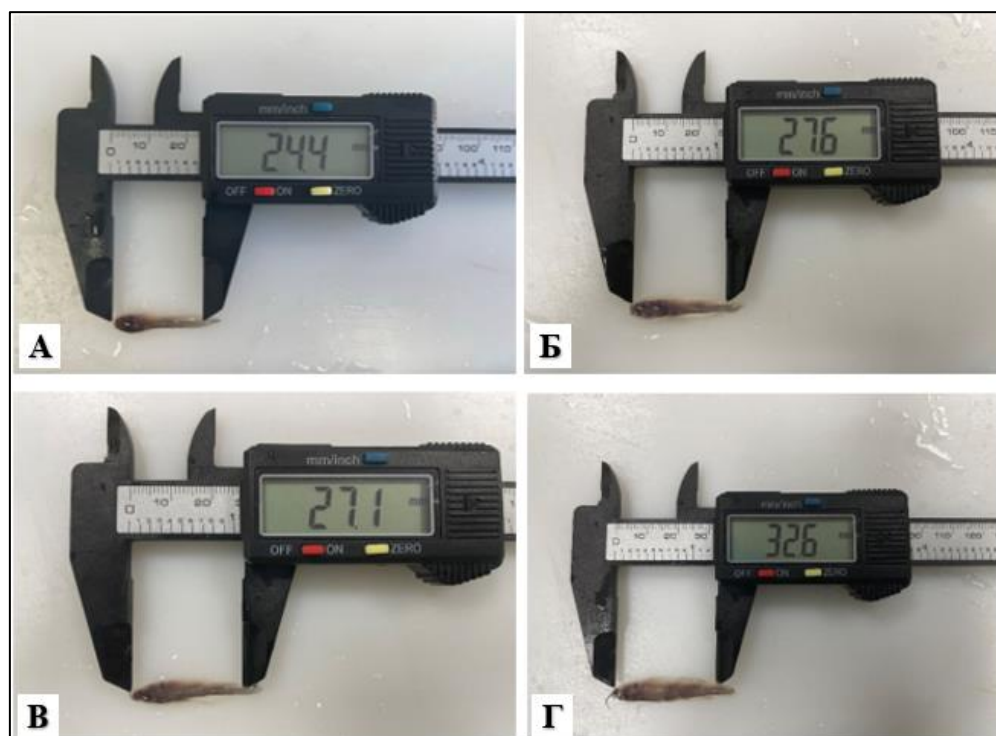


Рисунок 12 – Мальки *C. gariepinus* на 21-й день после выклева. (А – группа 1.1, Б – группа 1.2, В – группа 1.3 и Г – группа 1.4). Без окрашивания.

Увеличение размеров головы мальков подопытных групп свидетельствует о более высокой степени развития всего органокомплекса, так как большая часть органов представлены именно в переднем отделе. Эти данные подтверждаются результатами морфометрии (таблица 4).

Таблица 4– Параметры *C. gariepinus* на 21-й день после выклева, n=100
(M±m)

№ группы	Кормовая добавка	Длина тела, мм	Длина головы, мм
1.1	Контроль (без кормовой добавки)	25,60±0,76	6,20±0,16
1.2	Лактобактерии	26,50±0,67	5,50±0,14
1.3	Бифидобактерии	26,30±0,79**	5,30±0,19
1.4	Комплекс лакто- и бифидобактерий	31,10±0,75***	7,10±0,19

Примечание: **P≤0,01 (0,99); ***P≤0,001 (0,999)

Как видно из результатов измерения параметров тела, представленных в таблице 4, на 21-й день исследования установлено, что наибольшее увеличение длины тела достоверно ($P \leq 0,001$) и длины головного отдела наблюдалось у мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы, которым скармливали комплекс лакто- и бифидобактерий. Оно составляло $31,10 \pm 0,75$ мм и $7,10 \pm 0,19$ мм соответственно. Анализ гистологических срезов, приведенных на рисунке 13, подтверждает активный рост органов пищеварения.

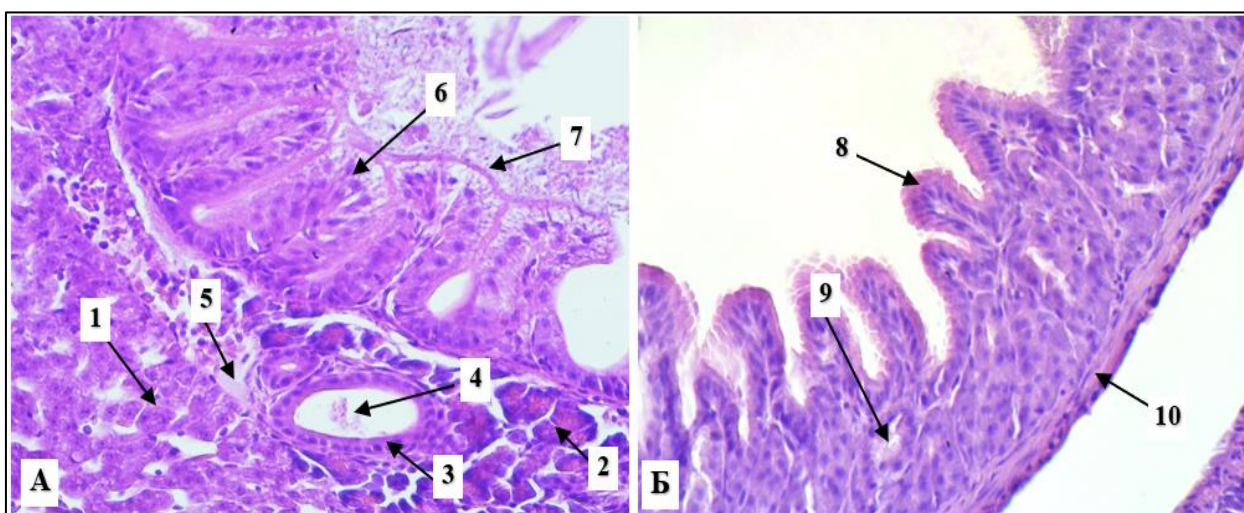


Рисунок 13 – Некоторые органы пищеварительной системы (А) и стенка желудка (Б) *C. gariepinus* на 21-й день после выклева у мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы. Стрелками обозначены: 1 – печень; 2 – поджелудочная железа (экзокриноциты); 3 – проток поджелудочной железы; 4 – просвет протока поджелудочной железы; 5 – просвет кровеносного сосуда; 6 – однослойный однорядный призматический каемчатый эпителий кишки; 7 – содержимое кишки; 8 – однослойный призматический железистый эпителий желудка; 9 – концевые отделы желез желудка; 10 – мышечная оболочка желудка. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x400.

Было отмечено, что на 21-й день после выклева на микропрепаратах отчетливо видно положительное воздействие комплекса биологической добавки на паренхиму печени (рисунок 14).

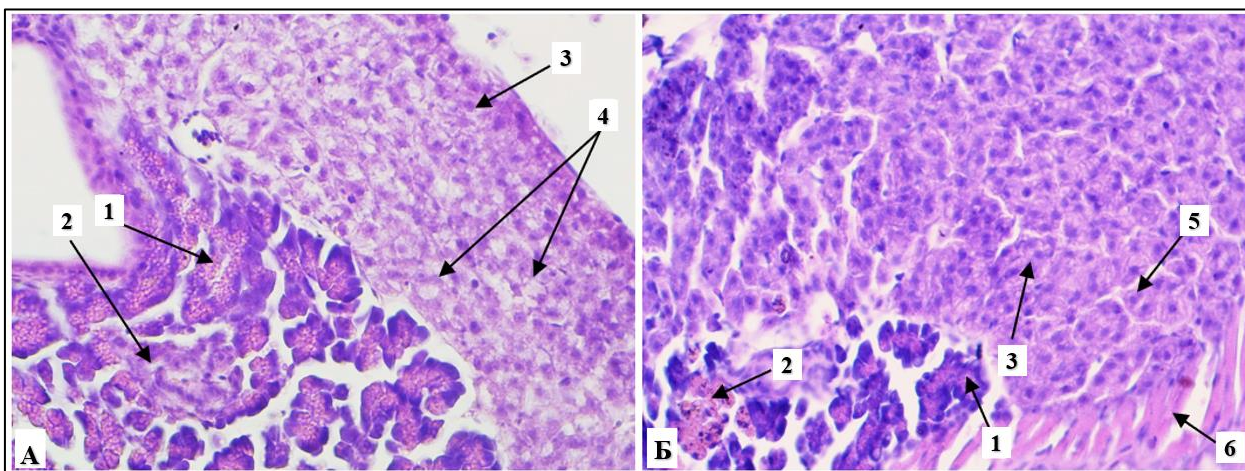


Рисунок 14 – Печень и поджелудочная железа (А – группа 1.1 и Б – группа 1.4) *C. gariepinus* на 21-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – поджелудочная железа (экзокриноциты); 2 – островки эндокриноцитов; 3 – гепатоциты; 4 – вакуолизованные клетки; 5 – ядра гепатоцитов; 6 – скелетная мускулатура. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x 400.

По сравнению с 1.1 (контрольной) группой, у рыб 1.4 (четвертой) подопытной группы наблюдается значительное уменьшение количества вакуолизованных клеток. При изучении микроструктуры таких клеток при большом увеличении микроскопа мы установили, что несмотря на сохранение четких границ и наличие центрально расположенного ядра округлой формы, они имеют оптически пустую цитоплазму, что свидетельствует о гидropической дистрофии печени.

На 21-й день у мальков всех подопытных групп был проведен анализ структурных элементов жаберного аппарата и отмечена соответствующая данному возрасту степень развития.

2.2.4 Морфология мальков *C. gariepinus* на 30-й день после выклева

На 30-й день после выклева у мальков клариевого сома, и особенно у особей четвертой подопытной группы (1.4), хорошо выражены органы

движения, отмечено увеличение размеров усиков, а пигментация тела соответствует видовым особенностям семейства клариевых (рисунок 15).

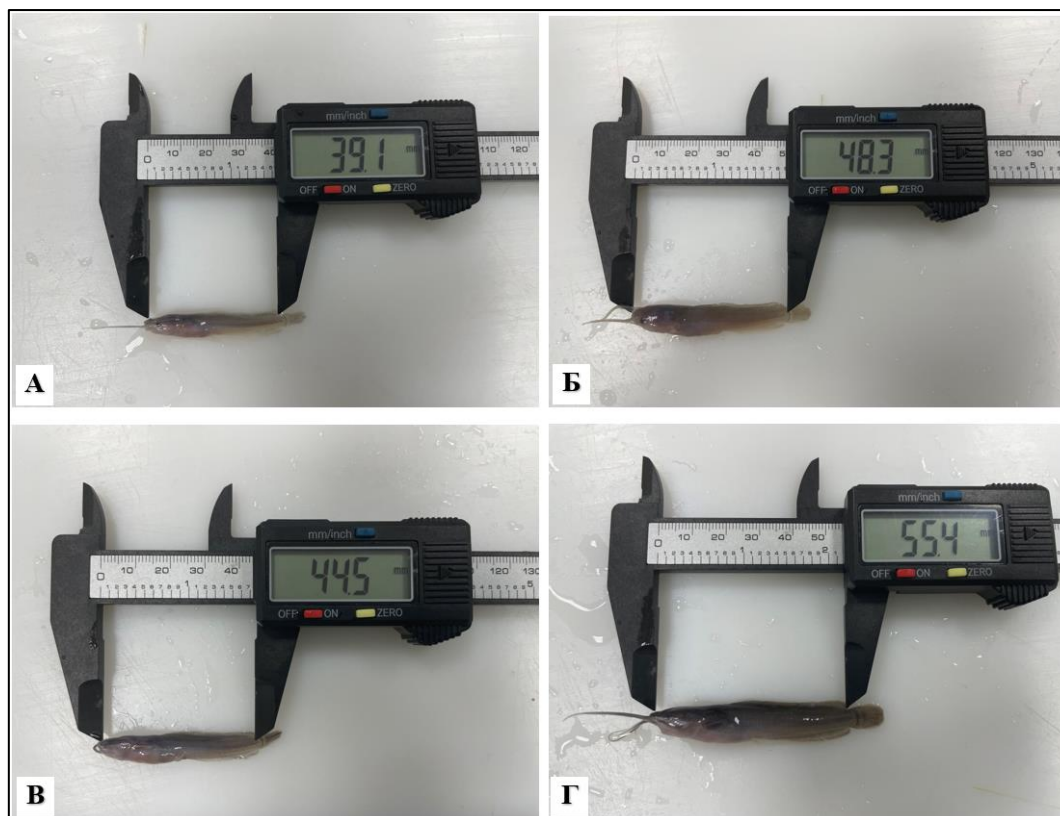


Рисунок 15 – Мальки *C. gariepinus* на 30-й дней после выклева.

(А – группа 1.1, Б – группа 1.2, В – группа 1.3 и Г – группа 1.4). Без окрашивания.

Результаты исследований морфометрии мальков месячного возраста приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры *C. gariepinus* на 30-й день после выклева, n=100 (M±m)

№ группы	Кормовая добавка	Длина тела, мм	Длина головы, мм
1.1	Контроль (без кормовой добавки)	39,10±1,05	8,40±0,18
1.2	Лактобактерии	48,30±1,42***	12,20±0,20***
1.3	Бифидобактерии	44,50±0,89*	10,40±0,24
1.4	Комплекс лакто- и бифидобактерий	55,40±1,83***	13,30±0,36***

Примечание: *P≤0,05 (0,95); ***P≤0,001 (0,999)

Анализ данных, полученных на 30-й день исследования, показал, что наибольшее увеличение длины тела и головы отмечалось у мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы с применением комплекса лакто- и бифидобактерий (55,40±1,83 мм и 13,30±0,36 мм соответственно).

У мальков 1.1 (контрольной) группы по сравнению с исследуемыми объектами подопытных групп, получавших кормовые добавки, длина тела была меньше на 5,4–16,3 мм, а длина головного отдела – на 2,0–4,96 мм.

При этом необходимо отметить, что длина тела у месячных мальков контрольной (1.1) группы по сравнению с 7-дневными личинками увеличилась в 4,82 раза, а у рыб, которым с кормом задавали лактобактерии, бифидобактерии и комплекс пробиотиков возросла – в 5,61; 5,0 и 7,01 раза соответственно.

Длина головного отдела у месячных мальков 1.1 (контрольной) группы по сравнению с 7-дневными увеличилась в 5,25 раза, а у рыб подопытных групп возросла: в 1.2 (второй) группе – в 8,71 раза, в 1.3 (третьей) – в 6,93 раза и в 1.4 (четвертой) – в 8,31 раза.

Результаты проведенных гистологических исследований подтверждают степень высокой дифференцировки тканей и органов пищеварительной системы на фоне применения комплексной биологической добавки (рисунок 16–19).

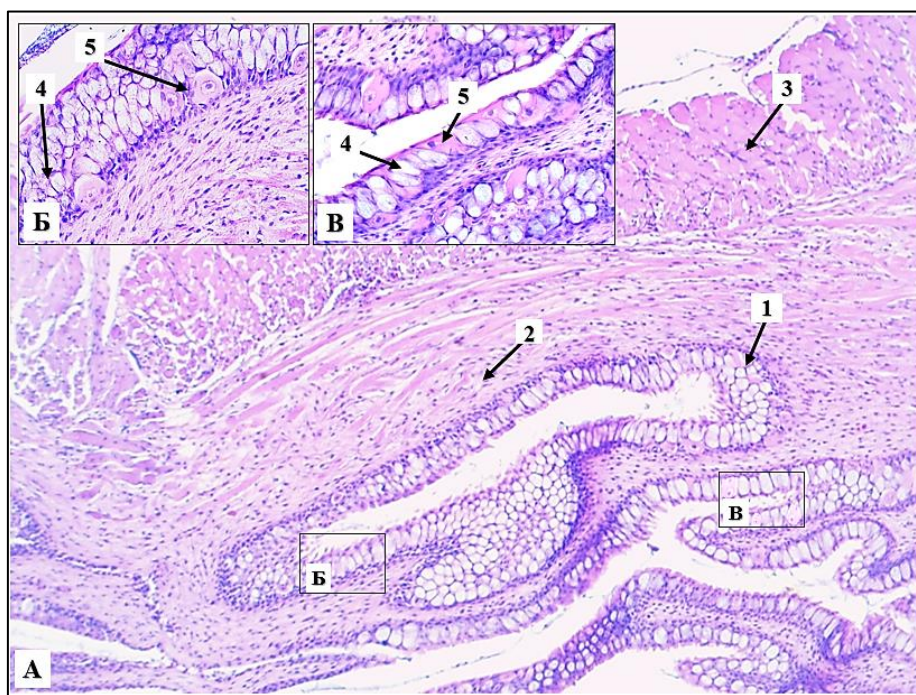


Рисунок 16 – Стенка пищевода А (x100), Б и В (x400) мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы на 30-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – многослойный плоский эпителий; 2 – подслизистая основа; 3 – мышечная оболочка; 4 – слизистые клетки; 5 – ионоциты (хлоридные клетки). Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

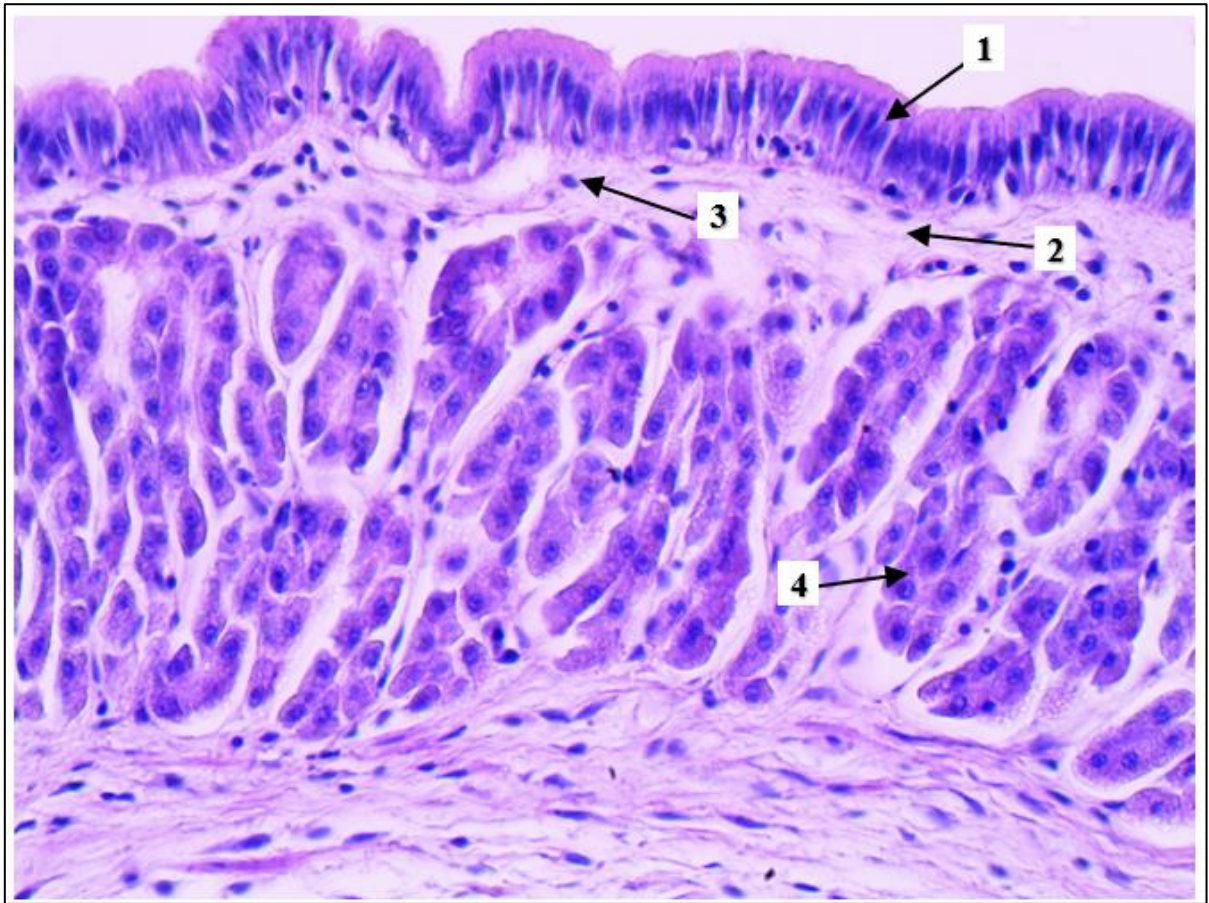


Рисунок 17 – Кардиальный отдел желудка *C. gariepinus* 1.4 (четвертой) подопытной группы на 30-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – эпителиальная пластинка; 2 – рыхлая волокнистая соединительная ткань; 3 – ядро клетки фибробластического ряда; 4 – железы стенки желудка. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение: x400.

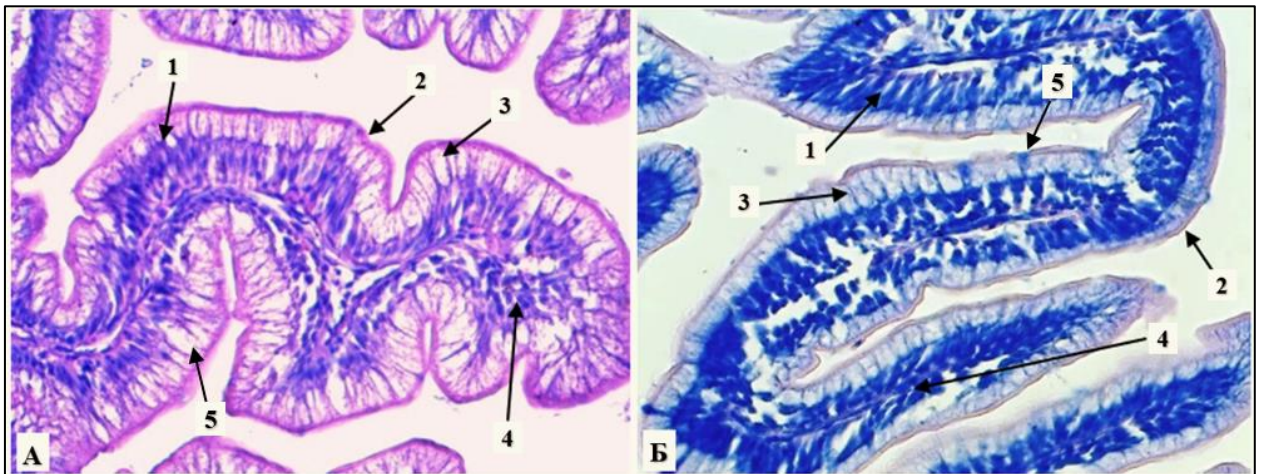


Рисунок 18 – Срез стенки передней кишки мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы на 30-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – однослойный однорядный призматический каемчатый эпителий; 2 – кайма слизистой кишечника; 3 – энтероциты; 4 – собственная пластинка слизистой оболочки; 5 – бокаловидные клетки. Окраска А – гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина; Б – толуидиновый синий. Увеличение x400

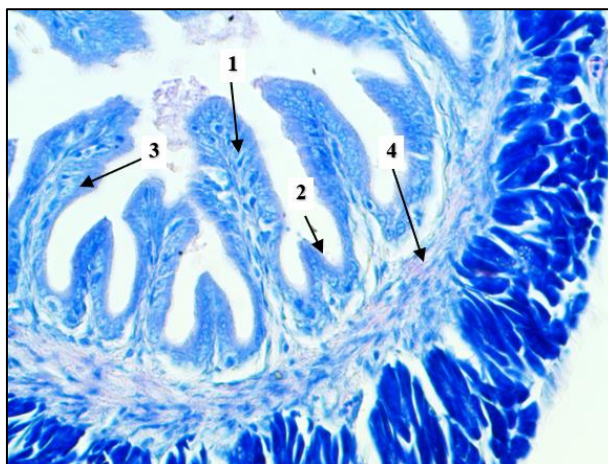


Рисунок 19 – Фрагмент средней кишки мальков четвертой (1.4) подопытной группы на 30-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – однослойный однорядный призматический каемчатый эпителий кишки; 2 – кайма слизистой кишечника; 3 – ворсинки кишечника; 4 – мышечная пластинка слизистой оболочки. Окраска толуидиновым синим. Увеличение $\times 400$.

Исследования гистологических препаратов печени африканского клариевого сома показали, что у групп, которым в корм добавляли комплекс лакто- и бифидобактерий, сохраняется положительная динамика развития органа, участвующего не только в пищеварении, но и детоксикации продуктов обмена (рисунок 20).

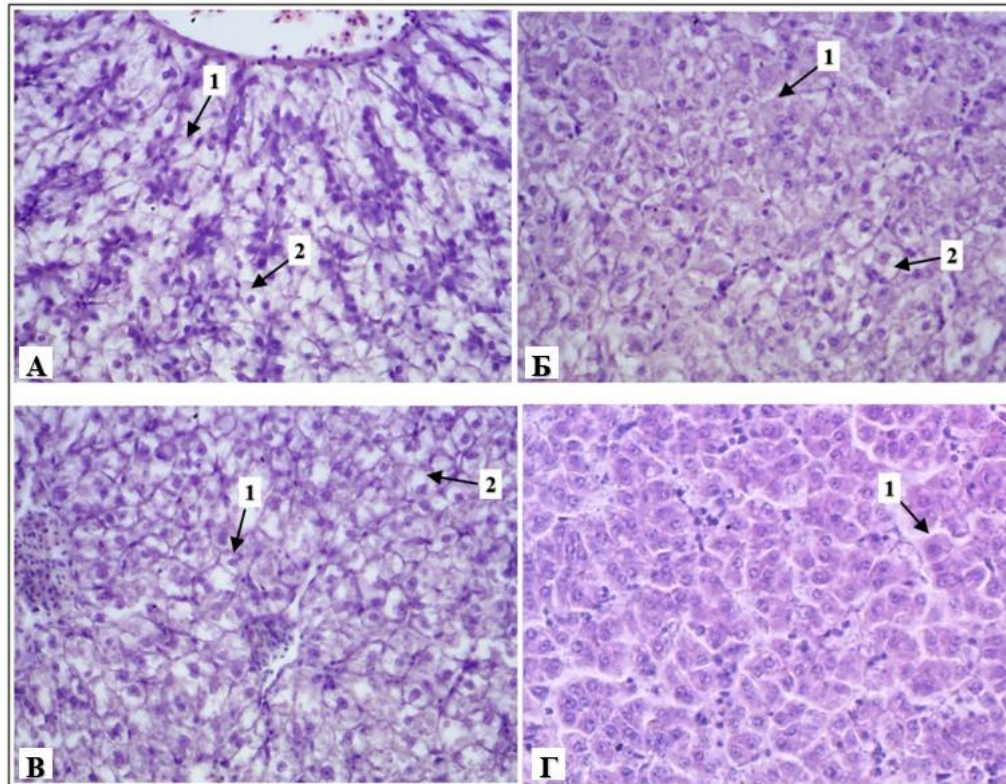


Рисунок 20 – Печень *C. gariepinus* мальков (А – группа 1.1; Б – группа 1.2; В – группа 1.3; Г – группа 1.4) подопытных групп на 30-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – гепатоциты; 2 – вакуолизирующая цитоплазма гепатоцита. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение: $\times 400$.

Как видно на рисунке 20, у мраморного сома в 1.2 (второй) и 1.4 (четвертой) подопытных группах наблюдается значительное уменьшение вакуолизированных клеток паренхимы печени, в отличие от мальков контрольной группы и получавших с кормом *Bifidobacterium bifidum* (группа 1.3.). При больших увеличениях микроскопа синусный полюс гепатоцитов хорошо выражен, капиллярная сеть четко прослеживается (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., 2023).

Не менее интересные данные получены при исследовании органов дыхательной системы *C. gariepinus*, представленные на рисунке 21.

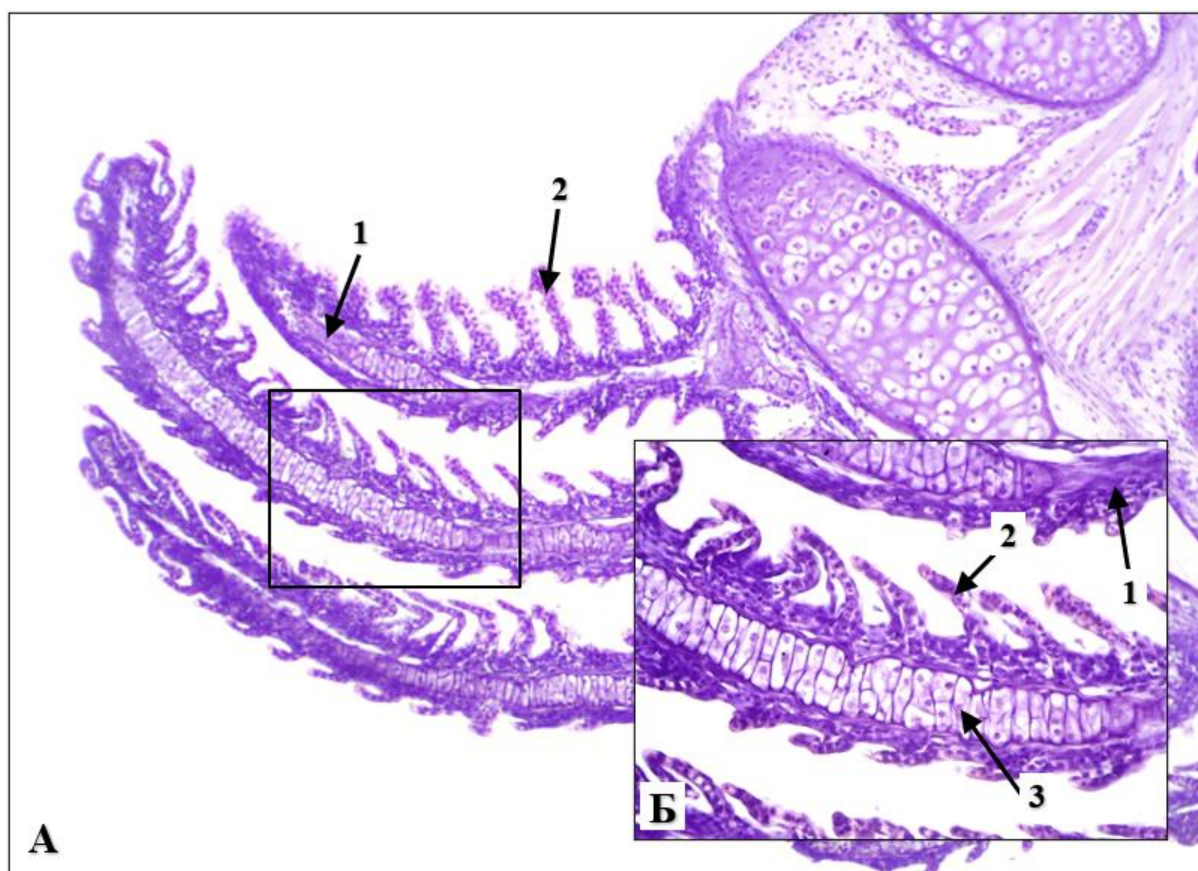


Рисунок 21 – Жабры *C. gariepinus* мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы на 30-й день после выклева А (x100) и Б (x400). Стрелками обозначены: 1 – первичные ламеллы; 2 – вторичные ламеллы; 3 – хрящевая ткань.

Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

С помощью селективной для этих целей окраски мы установили, что жабры и окружающие их ткани развиваются равномерно и имеют характерное строение для данного возраста. Наиболее эффективной оказалась окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

Таким образом, результаты исследования органогенеза на 30-й день после выклева доказали положительное влияние пробиотиков на гистоструктуру изученных органов, что подтверждается морфометрическими данными (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., 2023 а).

2.2.5 Морфология мальков *C. gariepinus* на 60-й день после выклева

В заключительный период эксперимента на 60-й день после выклева были произведены измерения мальков подопытных групп и исследованы микропрепараты внутренних органов. Методика определения показателей длины тела представлены на рисунке 22.

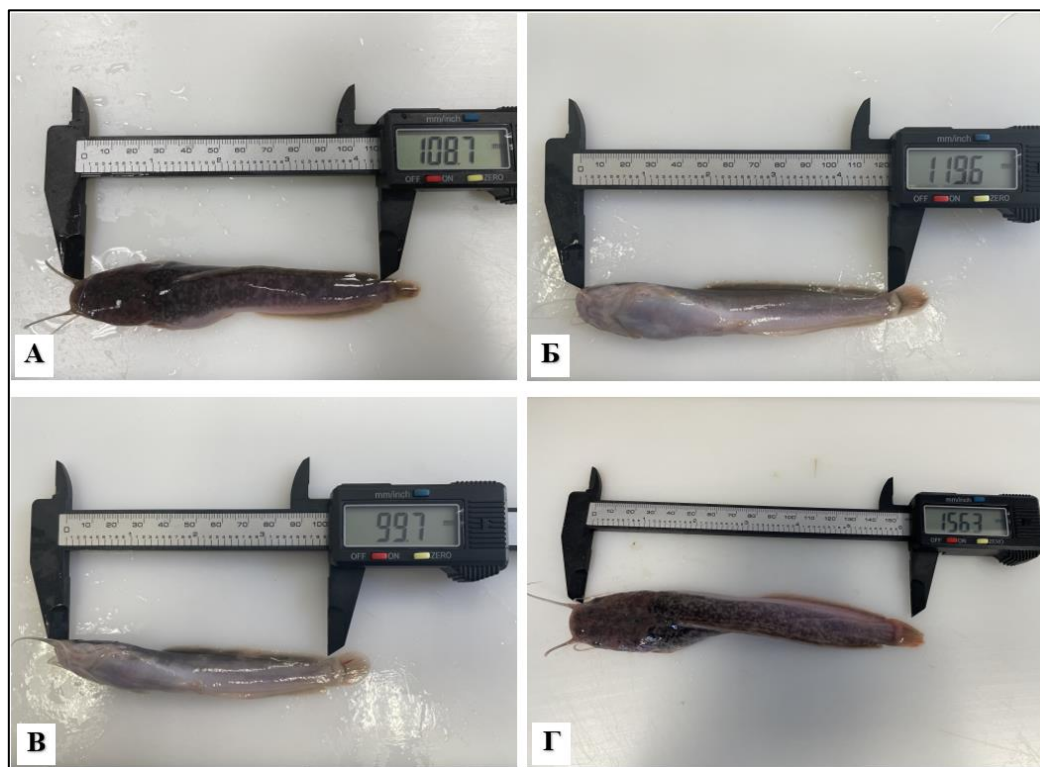


Рисунок 22 – Мальки *C. gariepinus* спустя 60 дней после выклева. (А – группа 1.1, Б – группа 1.2, В – группа 1.3 и Г – группа 1.4). Без окрашивания.

В таблице 6 представлены данные статистической обработки параметров морфометрии и установлено, что у большинства групп получены достоверные результаты.

Таблица 6 – Параметры *C. gariepinus* на 60-й день после выклева, n=100
(M±m)

№ группы	Кормовая добавка	Длина тела, мм	Длина головы, мм
1.1	Контроль (без кормовой добавки)	105,05±3,42	20,53±0,24
1.2	Лактобактерии	120,60±3,77***	26,01±0,77**
1.3	Бифидобактерии	94,84±2,39*	20,28±0,65
1.4	Комплекс лакто- и бифидобактерий	137,62±2,82***	29,72±0,87***

Примечание: *P≤0,05 (0,95); **P≤0,01 (0,99); ***P≤0,001 (0,999)

Результаты исследований показали, что при применении комплекса *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и *Bifidobacterium lactis* наблюдается максимальный прирост длины тела и головы по сравнению с остальными подопытными группами (137,62±2,82 мм и 29,72±0,87 мм), что превышает показатели животных контрольной группы, не получавших с кормом пробиотическую добавку на 31,00% и 44,76% соответственно.

На второй месяц после выклева у представителей четвертой подопытной группы на фоне применения комплексной кормовой добавки отмечается увеличение количества ионоцитов (хлоридных клеток) в пищеводе по сравнению с мальками остальных подопытных групп (рисунок 23).

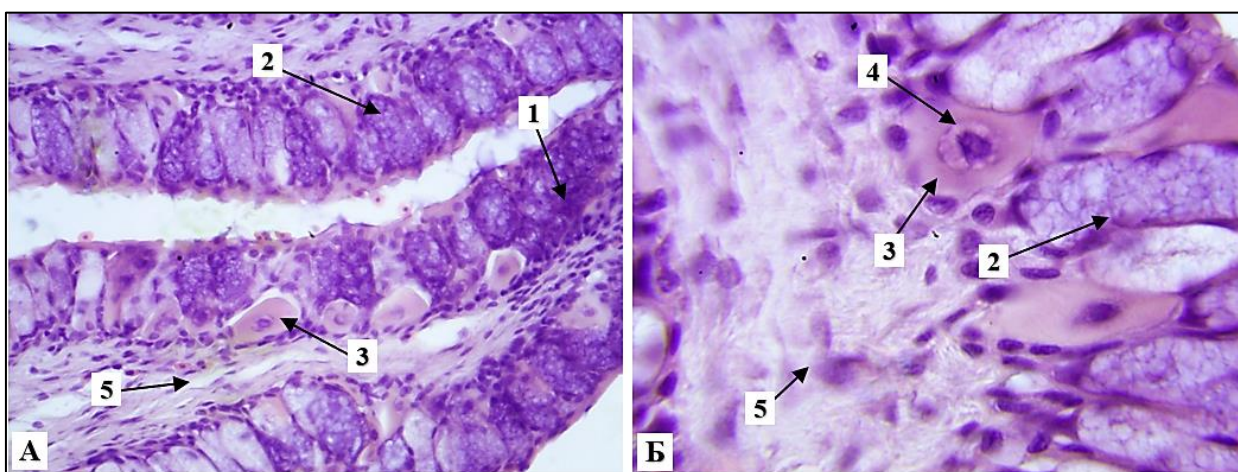


Рисунок 23 – Фрагмент эпителия А (x400) и Б (x1000) слизистой оболочки пищевода 1.4 (четвертой) подопытной группы на 60-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – многослойный плоский эпителий; 2 – слизистые клетки; 3 – ионоциты (хлоридные клетки); 4 – ядра ионоцитов; 5 – рыхлая волокнистая соединительная ткань.

Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

Это крупные клетки округло-овальной формы, с оксифильной цитоплазмой и центрально расположенным базофильно окрашенным ядром. Их параметры колеблются в пределах 21–40 мкм. Они отвечают за осморегуляцию тканей (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., Сафронов, Д. И., Ильина, Л. А., 2023).

На втором месяце после выклева удалось визуализировать вкусовые луковицы в области пищевода у африканского клариевого сома (рисунок 24).

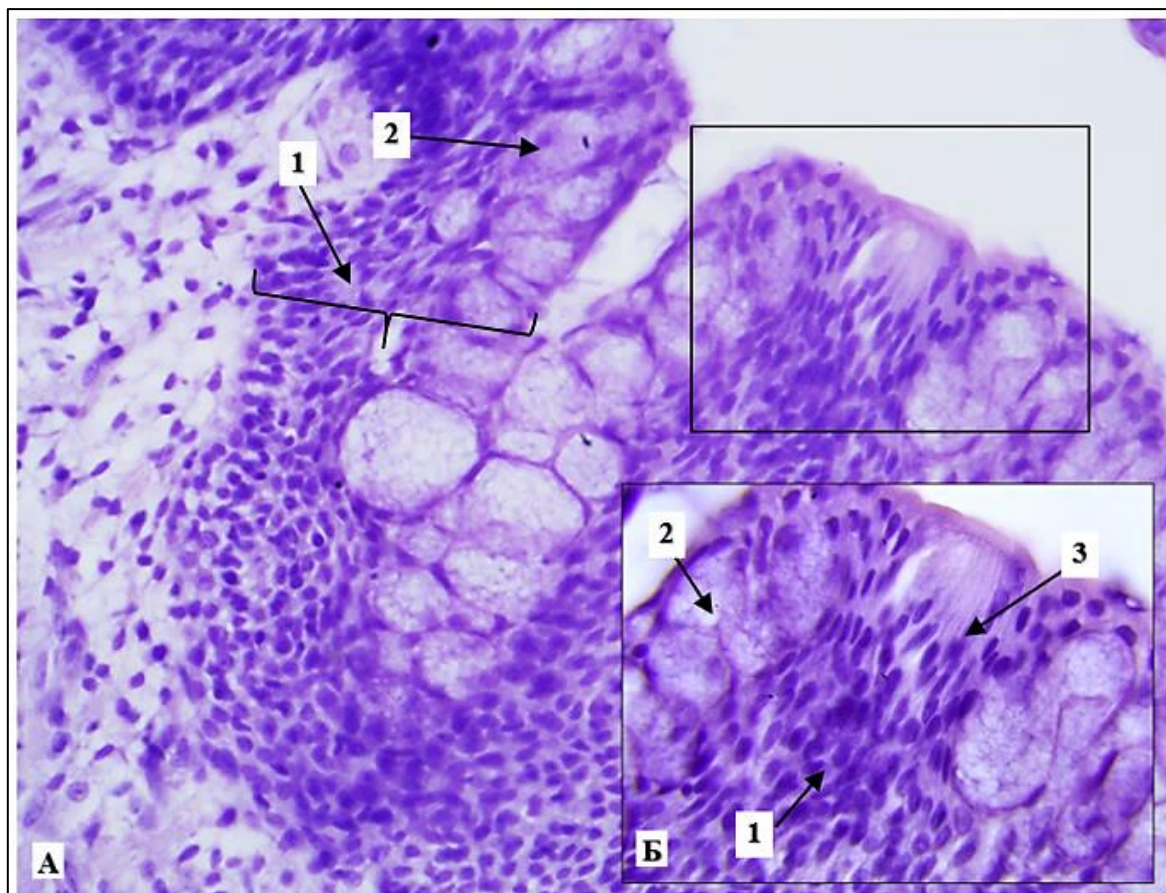


Рисунок 24 – Фрагмент слизистой оболочки пищевода мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы на 60-й день после выклева А (х400) и Б (х1000). Стрелками обозначены: 1 – многослойный плоский неороговевающий эпителий; 2 – слизистые клетки; 3 – вкусовая луковица. Окраска гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина.

Данная структура представлена в виде образования округлой формы, с четко различимыми границами. Хорошо дифференцируются поддерживающие клетки веретеновидной формы с палочковидными ядрами и вкусовые клетки. На поверхности многослойного эпителия визуализируются пучки дендритных отростков, которые направлены к афферентному нервному волокну (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., 2023 б).

При исследовании кардиального отдела желудка было установлено, что в нем выделяют слизистую оболочку, представленную однослойным однорядным призматическим железистым эпителием (рисунок 25).

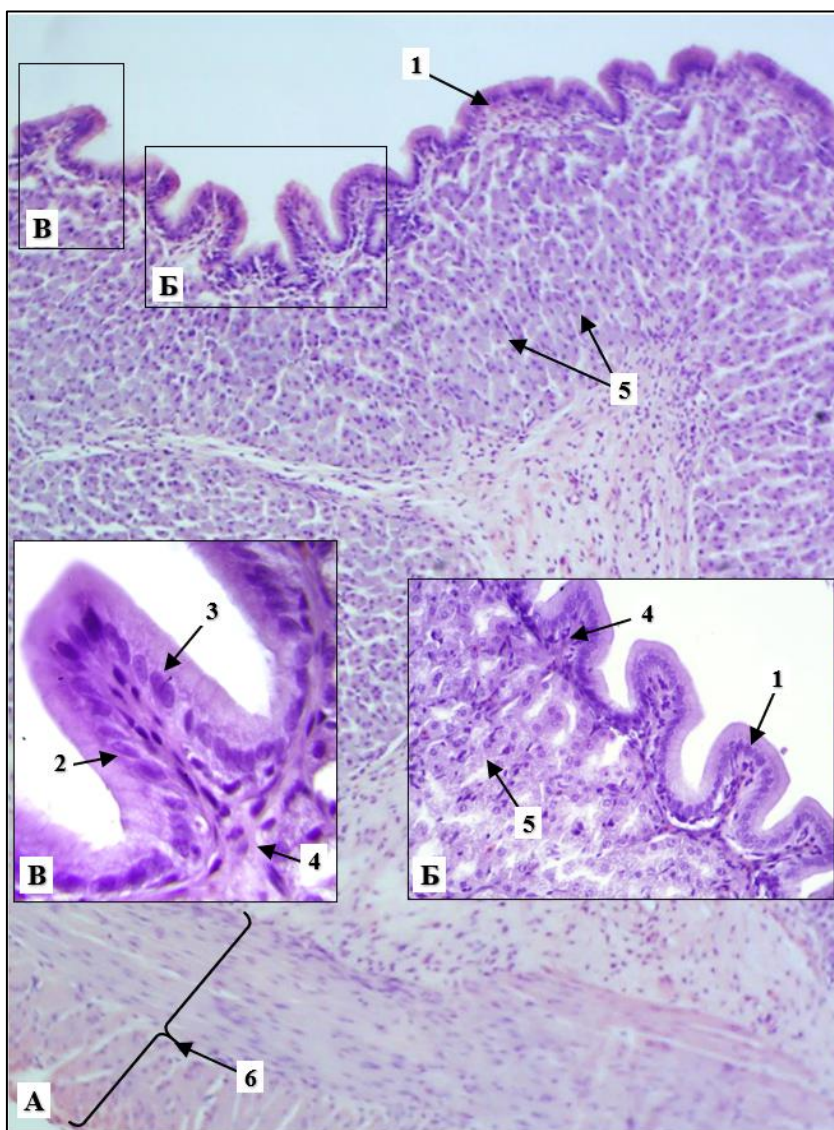


Рисунок 25 – Стенка желудка мальков клариевого сома 1.4 (четвертой) подопытной группы подопытной группы на 60-й день после выклева. 1 – однослойный однорядный призматический железистый эпителий; 2 – эпителиоциты; 3 – ядра эпителиоцитов; 4 – собственная пластинка слизистой оболочки; 5 – концевые отделы желудочных желез; 6 – мышечная оболочка стенки желудка. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение: А – $\times 100$, Б – $\times 400$, В – $\times 1000$.

На гистологических препаратах отчетливо просматриваются желудочные ямки, в которые открываются протоки желудочных желез, а также между ними сформированы поля желудка, которые образованы волокнистой соединительной тканью.

В собственной пластинке, образованной рыхлой волокнистой соединительной тканью с преобладанием клеток фибробластического ряда, находятся трубчатые железы, состоящие из одного слоя железистых клеток.

Ко второму месяцу эксперимента у мальков *C. gariepinus* четвертой подопытной группы на фоне применения с кормом комплекса лакто- и бифидобактерий визуально отмечается увеличение количества желудочных желез и утолщение мышечной оболочки стенки желудка.

К концу опыта было установлено, что печень мраморного сома на микропрепаратах имеет характерное строение (рисунок 26).

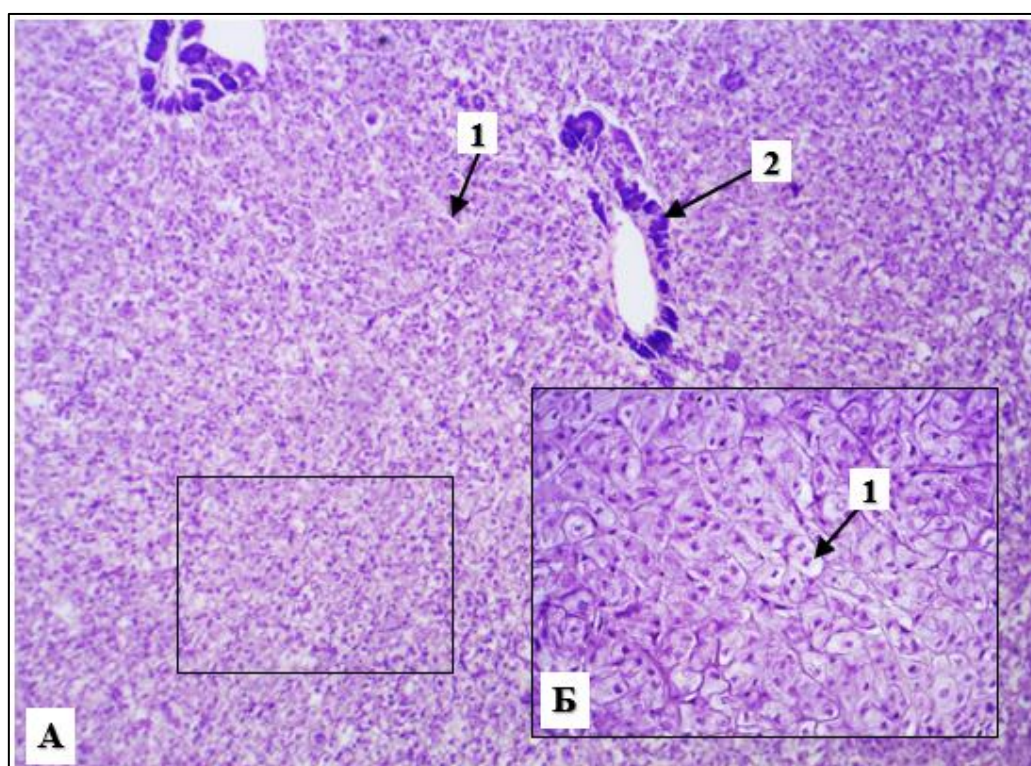


Рисунок 26 – Печень *C. gariepinus* мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы на 60-й день после выклева А (x100) и Б (x400). Стрелками обозначены: 1 – гепатоциты;

2 – участки поджелудочной железы в гепатопанкреасе.

Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

Балочная структура печени хорошо просматривается при большом увеличении (x400). Гепатоциты полиморфны, ядра располагаются в центре. Цитоплазма клеток окрашена оксифильно, не вакуолизирована. На гистологическом срезе можно отметить участки поджелудочной железы (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., Сафронов, Д. И., 2022).

При исследовании органов выделительной системы на микропрепаратах были отмечены хорошо развитые почечные тельца и канальцы (рисунок 27).

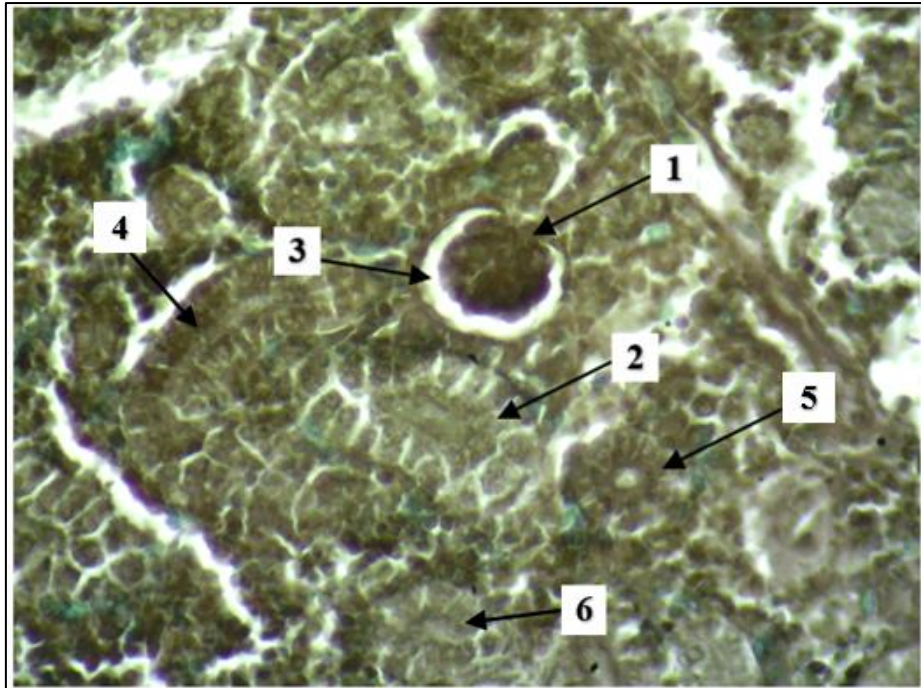


Рисунок 27 – Участок микропрепарата почки *C. gariepinus* мальков 1.4 (четвертой подопытной группы на 60-й день после выклева. Стрелками обозначены: 1 – почечное тельце; 2 – почечные канальцы; 3 – капсула Шумлянско-Боумэна; 4 – собирательные трубочки; 5 – проксимальный каналец; 6 – дистальный каналец. Окраска по Ван-Гизон трихрому. Увеличение: х400.

На поперечных срезах почек визуализируются собирательные трубочки и хорошо развитая сеть кровеносных капилляров. К двухмесячному возрасту наблюдается увеличение количества почечных канальцев как у мальков 1.1 (контрольной), так и подопытных групп.

Результаты исследований микроструктуры гистологических препаратов почек личинок и мальков *C. gariepinus* показали, что при добавлении в корм пробиотиков с содержанием комплекса лакто- и бифидобактерий, наблюдается положительная динамика гисто- и органогенеза. В почках мальков исследуемых подопытных групп отчетливо выражены проксимальные и дистальные канальцы, сохранена форма эпителиальных клеток, характерная для каждого вида канальцев. Можно также отметить, что просветы канальцев нефронов имеют различные размеры и форму. Таким образом, применение пробиотиков, содержащих в своем составе комплекс

лакто- и бифидобактерий, не оказывает негативного воздействия на органы мочеобразования.

На рисунке 28 представлено изображение гистологического среза жабр мальков *C. gariepinus* 1.4 (четвертой) подопытной группы.

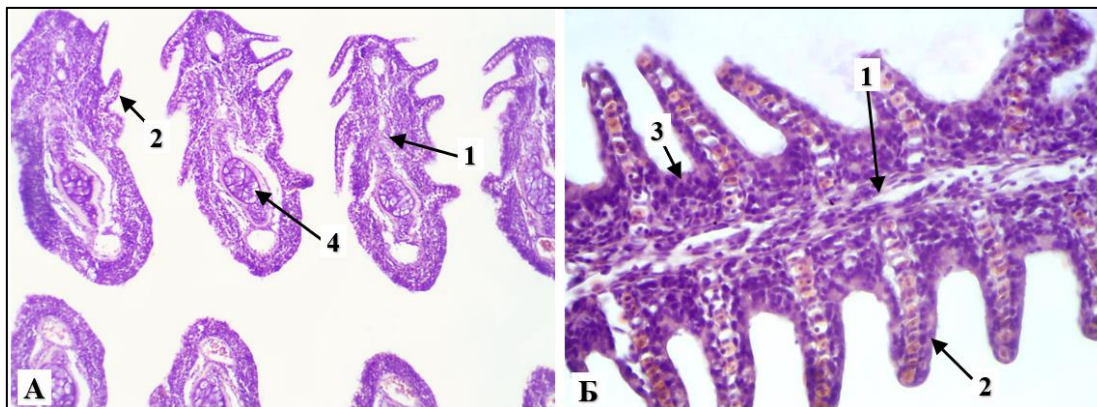


Рисунок 28 – Жабры *C. gariepinus* мальков 1.4 (четвертой) подопытной группы на 60-й день после выклева А (x100) и Б (x400). Стрелками обозначены: 1 – первичные ламеллы; 2 – вторичные ламеллы; 3 – эпителиальные клетки; 4 – хрящевая ткань. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

Как видно на рисунке 28, хорошо визуализированы структуры первичных и вторичных ламелл жаберного аппарата. Достаточно четко видна капиллярная сеть, она кровенаполнена, что указывает на активный газообмен. При этом можно заключить, что в УЗВ созданы оптимальные условия среды для развития и роста всех структур органов дыхания.

По итогам проведенных серий опытов был произведен анализ микробиоты кишечной микрофлоры африканского клариевого сома на 30-й и 60-й дни после выклева (приложение 7).

Спустя месяц после выклева максимальное количество бактерий родов *Prevotella spp.* и *Porphyromonas spp.*, которые способствуют конверсии кормов и защите организма от патогенных факторов, были обнаружены у мальков *C. gariepinus* 1.4 (четвертой) подопытной группы. Содержание данных микроорганизмов в пробах из трех серий опытов варьировало от $7,9 \times 10^5$ до $5,0 \times 10^7$ клеток/г. В ходе исследований только у мальков, которым задавали комплексную кормовую добавку, были выделены лактобациллы рода *Lactobacillus spp.*, которые повышают иммуномодулирующую активность и

участвуют в синтезе витаминов и незаменимых аминокислот. Их содержание составило $1,6 \times 10^3$ клеток/г.

К двухмесячному возрасту сравнительно высокая концентрация микроорганизмов родов *Prevotella spp.* и *Porphyromonas spp.* сохраняется в 1.4 (четвертой) подопытной группе. Их количество составляет $2,3 \times 10^4$ клеток/г, при этом эубактерии рода *Eubacterium spp.*, которые защищают организм от патогенных факторов, содержатся в наибольшей концентрации в группе с применением лактобактерий и комплексной кормовой добавки и составляют $3,7 \times 10^3$ и $4,2 \times 10^2$ клеток/г соответственно.

2.2.6 Динамика параметров *S. gariepinus* в ранние периоды онтогенеза под действием биотических факторов

Сравнительный анализ морфометрии животных подопытных групп на протяжении всего исследования приведены на рисунках 29 и 30.

Как видно из результатов исследований клариевого сома, как и ожидалось, в течение всего опыта в ранние периоды онтогенеза во всех подопытных группах наблюдается постепенное увеличение длины тела и головного отдела личинок и мальков.

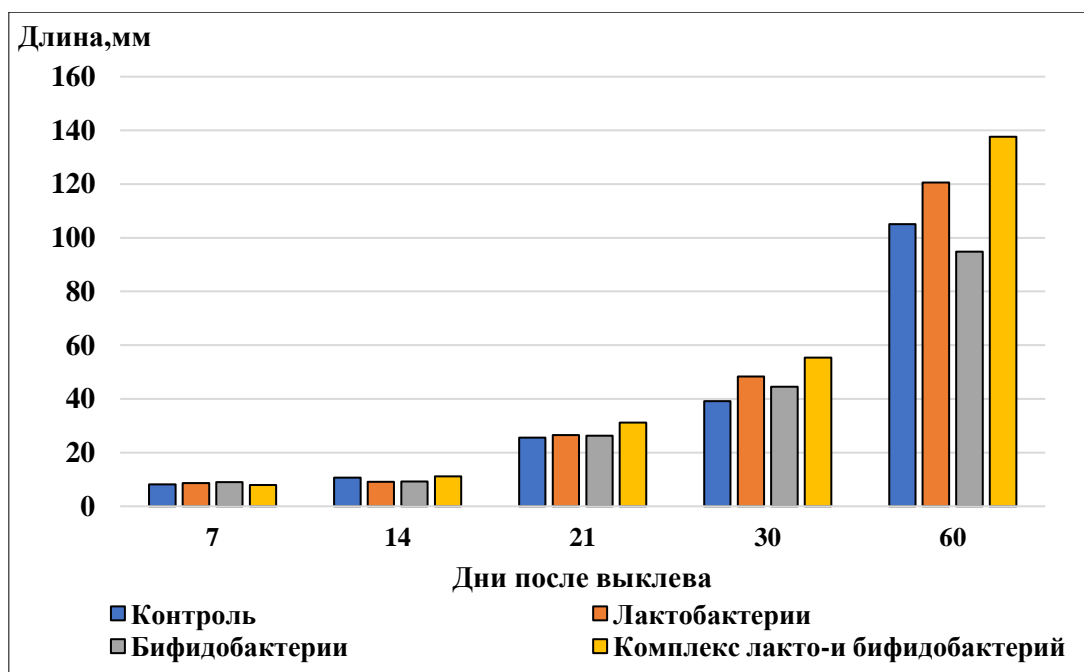


Рисунок 29 – Динамика длины тела *S. gariepinus*.

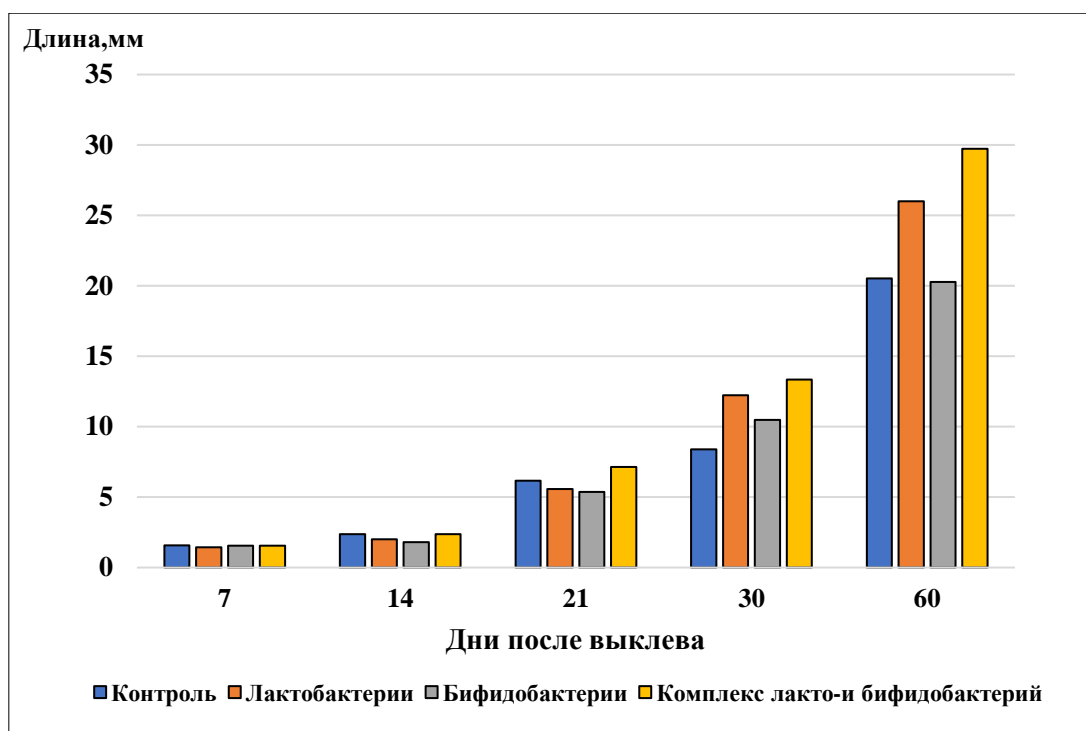


Рисунок 30 – Динамика длины головы *C. gariepinus*.

Необходимо отметить, что в зависимости от вида применяемой пробиотической добавки, тенденция к увеличению параметров у данных гидробионтов различных подопытных групп существенно отличается.

В частности, в ходе исследований было установлено, что у представителей 1.4 (четвертой) подопытной группы по сравнению с 1.1 (контрольной) на седьмой день после выклева длина тела *C. gariepinus* достоверно не отличается и колеблется от $7,90 \pm 0,08$ мм до $8,10 \pm 0,13$ мм, а длина головы составляет $1,50 \pm 0,05$ – $1,60 \pm 0,05$ мм.

Анализ результатов показал, что за весь период исследований длина тела у гидробионтов контрольной группы (1.1) увеличилось в 12,83; во второй – в 14,02; в третьей – в 10,66; а в четвертой – в 17,42 раза. Аналогичные данные получены и по длине головы. Так, у гидробионтов контрольной группы (1.1) данный показатель увеличился к 60-му дню по сравнению с 7-дневными личинками в 12,81; во второй – в 18,58; в третьей – в 13,52; а в четвертой – в 18,58 раза. При этом минимальный темп роста наблюдался у рыб, получавших корм с *Bifidobacterium lactis*.

Результаты исследований морфометрических параметров у двухмесячных мальков сомообразных доказали положительное влияние *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и комплекса лакто- и бифидобактерий на рост клариевого сома, что было подтверждено гистологическими исследованиями.

Результаты исследований морфометрии и микроструктуры личинок и мальков *C. gariepinus* подтверждаются данными прироста живой массы гидробионтов, которые представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Динамика массы *C. gariepinus* в течение опыта, n=100
(M±m)

№ группы	Кормовая добавка	Срок после выклева, дни				
		7-й	14-й	21-й	30-й	60-й
1.1	Контроль (без кормовой добавки)	0,034± 0,0004	0,054± 0,001	0,904± 0,024	0,928± 0,007	12,72± 0,115
1.2	Лактобактерии	0,033± 0,0002	0,064± 0,0004	0,984± 0,0004	1,036± 0,010	16,412± 0,195*
1.3	Бифидобактерии	0,034± 0,0001	0,066± 0,0006	0,943± 0,018	0,942± 0,023	11,48± 0,294*
1.4	Комплекс лакто- и бифидобактерий	0,037± 0,0002	0,066± 0,0002	0,989± 0,002	1,084± 0,004	17,306± 0,016*

Примечание: *P≤0,05 (0,95).

Динамика изменений прироста массы для лучшей визуализации представлена на рисунке 31.

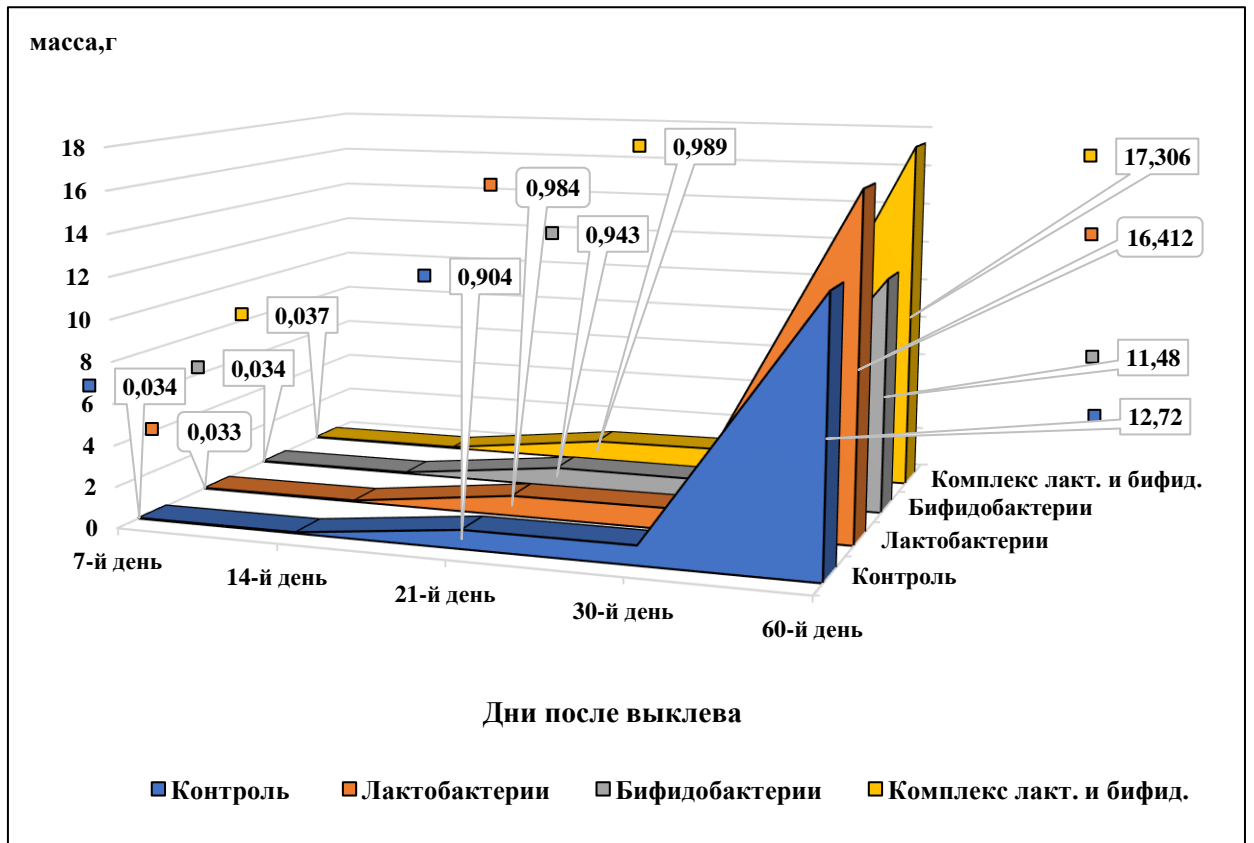


Рисунок 31 – Динамика массы тела *C. gariepinus* на протяжении всего опыта.

Как видно из диаграммы, максимальные значения массы к двухмесячному возрасту отмечаются у *C. gariepinus* 1.2 (второй) – $(16,412 \pm 0,195)$ и 1.4 (четвертой) – $(17,306 \pm 0,0158)$ подопытных групп. При этом прирост массы за весь период наблюдений составляет у изучаемых гидробионтов группы 1.1 (контроля) 12,686 г; группы 1.2 (второй) – 16,379 г; группы 1.3 (третьей) – 11,446 г и группы 1.4 (четвертой) – 17,269 г. Таким образом, можно указать, что по сравнению с группой 1.1 (контролем) прирост массы составил у животных, в рацион которых добавляли лактобактерии – 29,03%, а при добавлении комплекса кормовых добавок – 36,05%.

2.3 Гистогенез органов *C. gariepinus* под действием абиотических факторов

Все живые организмы находятся в тесном контакте с условиями среды обитания, важнейшими из которых являются освещение, температура и водородный показатель.

2.3.1 Эмбриогенез африканского клариевого сома при разных режимах освещенности

Освещение оказывает существенное влияние на физиологические процессы в организме животных. На ранние периоды эмбрионального развития наиболее благоприятное воздействие оказывает естественный свет, однако, при промышленном производстве это обеспечить сложно и использование установок замкнутого водоснабжения позволяет создавать оптимальные условия для полноценного развития рыбы.

В первой серии опытов при температуре +28⁰С согласно технологии, принятой в хозяйстве, мы изучали влияние степени освещенности на ранние периоды онтогенеза.

С этой целью инкубировали икру клариевого сома, полученную от самок в возрасте 1,5-2-х лет. Оплодотворение икры осуществлялось искусственным методом (рисунок 32).



Рисунок 32 – А – получение икры; Б – искусственное оплодотворение икры семенной жидкостью.

Для проведения исследований были сформированы две подопытные группы:

- 2.1. Первая (контрольная) – темный световой режим, температура воды +28⁰С согласно технологии, принятой в хозяйстве;
- 2.2. Вторая (подопытная) – люминесцентное освещение, температура воды +28⁰С;

Результаты исследований показали, что спустя 20 минут после оплодотворения регистрируется начало образования бластодиска (рисунок 33).

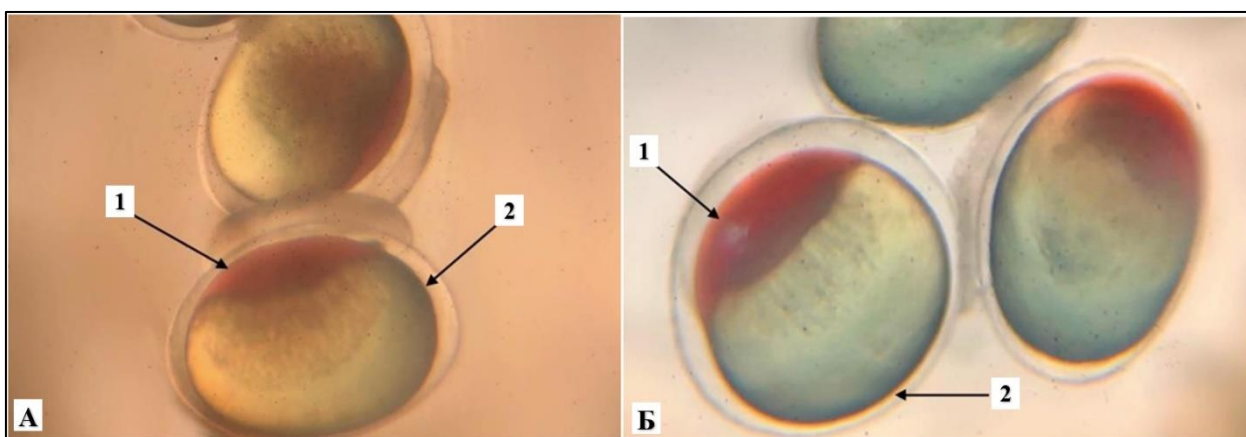


Рисунок 33 – Стадия образования бластодиска (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – бластодиск; 2 – оболочка икры.
Без окрашивания. Увеличение х40.

Как видно на рисунке 33, бластодиск сконцентрирован на анимальном полюсе зиготы в связи с большим количеством желточных клеток, которые обеспечивают трофику эмбриона в течение всего периода развития.

Спустя 35 минут после оплодотворения параллельно во всех подопытных группах начинается дробление зиготы (рисунок 34-36).

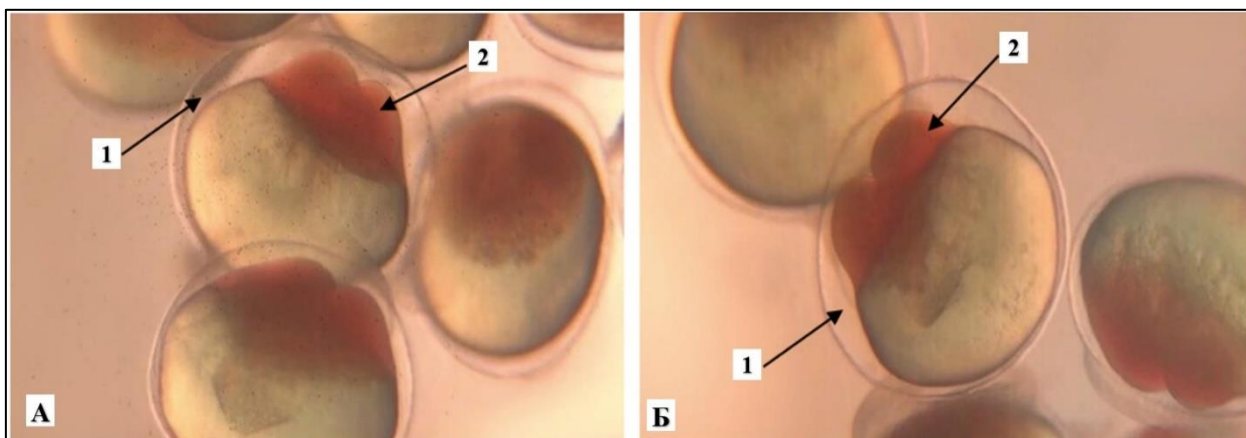


Рисунок 34 – Стадия дробления. Образования 2-х бластомеров (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – оболочка икры; 2 – дробление зиготы. Без окрашивания. Увеличение х40.



Рисунок 35 – Стадия дробления. Образования 4-х бластомеров (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – оболочка икры; 2 – борозда дробления. Без окрашивания. Увеличение х40.

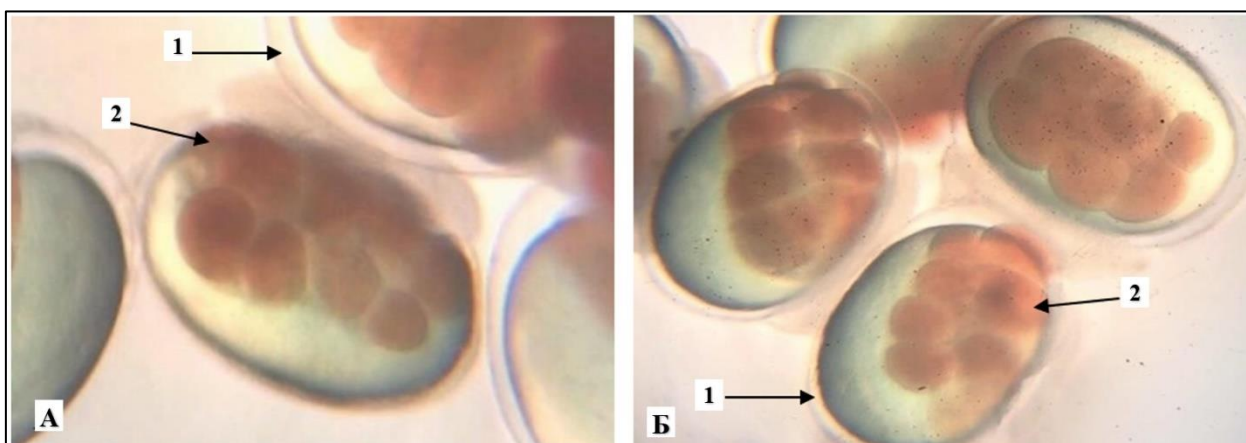


Рисунок 36 – Стадия дробления. Образования 8-ми бластомеров (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – оболочка икры; 2 – бластомеры. Без окрашивания. Увеличение х40.

Длительность данного этапа фиксировали с момента формирования первой борозды дробления до образования зародышевой полоски. Началом стадии дробления считается период формирования двух бластомеров. Продолжительность его составляла 1 час 10 минут.

Затем, через 80 минут в результате продолжающегося дробления зародыша, образовалась шарообразная структура – морула и произошло обрастание желтка слоем зародышевых клеток. Длилось оно до появления зародышевой полоски (рисунок 37).

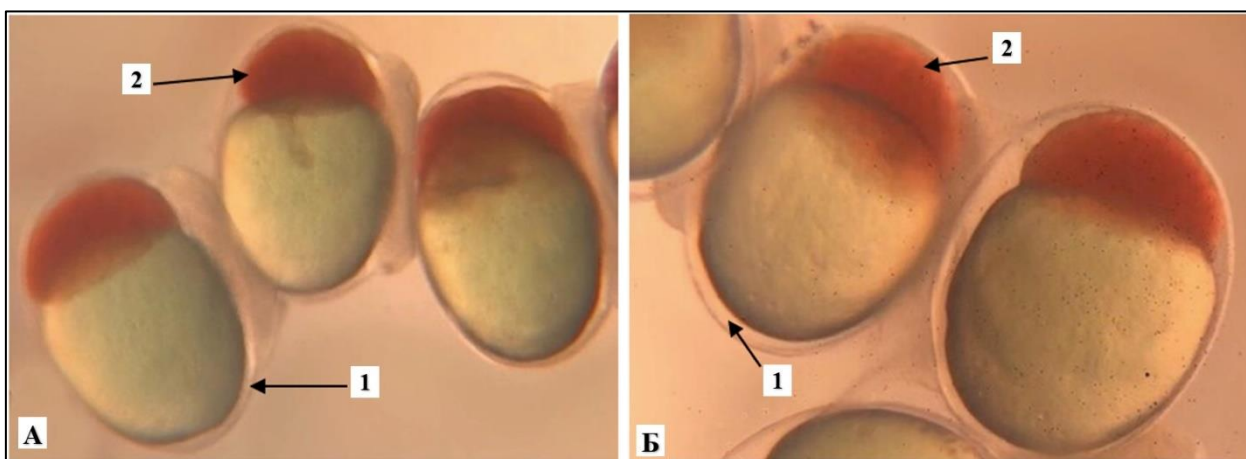


Рисунок 37 – Образование морулы через 80 минут после оплодотворения (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – оболочка икры; 2 – морула. Без окрашивания. Увеличение x40.

Спустя 24 часа после оплодотворения наблюдался выклев, и мы обнаружили сформировавшуюся предличинку клариевого сома с остатками желточного мешка (рисунок 38).



Рисунок 38 – Предличинка *C. gariepinus* через 24 часа после оплодотворения (А – группа 2.1; Б – группа 2.2.). Стрелками обозначены: 1 – желток; 2 – нервная трубка. Без окрашивания. Увеличение x40.

Как видно на рисунке 38, у особей контрольной (2.1) и подопытной (2.2) групп визуальных отличий в степени сформированности тканей и органов предличинки не выявлено. Они несколько часов находились в состоянии покоя, однако уже регистрировалась пульсация сердца. В это время трофика предличинки *C. gariepinus* происходила за счет питательных веществ желточного мешка.

Пробы личинок и мальков для гистологических исследований отбирались на 7-й и 14-й день после оплодотворения, а изготовление микропрепаратов проводилось по усовершенствованной нами методике.

Спустя неделю у личинок по бокам от головного отдела четко видны хорошо развитые глаза (рисунок 39).

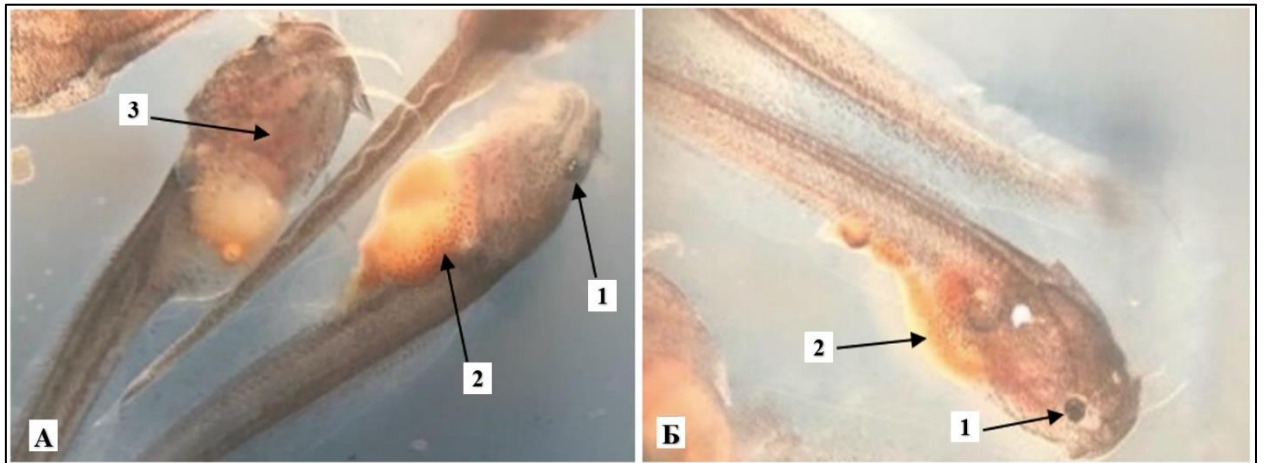


Рисунок 39 – Личинка *C. gariepinus* на 7-е сутки после оплодотворения (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – зрительный аппарат; 2 – остатки желточного мешка; 3 – сердце. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

К данному возрасту у клариевого сома уже отмечается начало формирования жаберных дуг и обнаруживаются скопления пузырьков воздуха в области жаберных крышек и пищевода, что указывает на активацию процессов гистогенеза по развитию вторичного органа дыхания – клария. В ходе изучения гистологических препаратов было подтверждено, что после выклева первичная почка протягивается от желточного мешка до анального отверстия.

К концу 14-х суток завершается личиночный период и данные гидробионты переходят в стадию малька (рисунок 40).

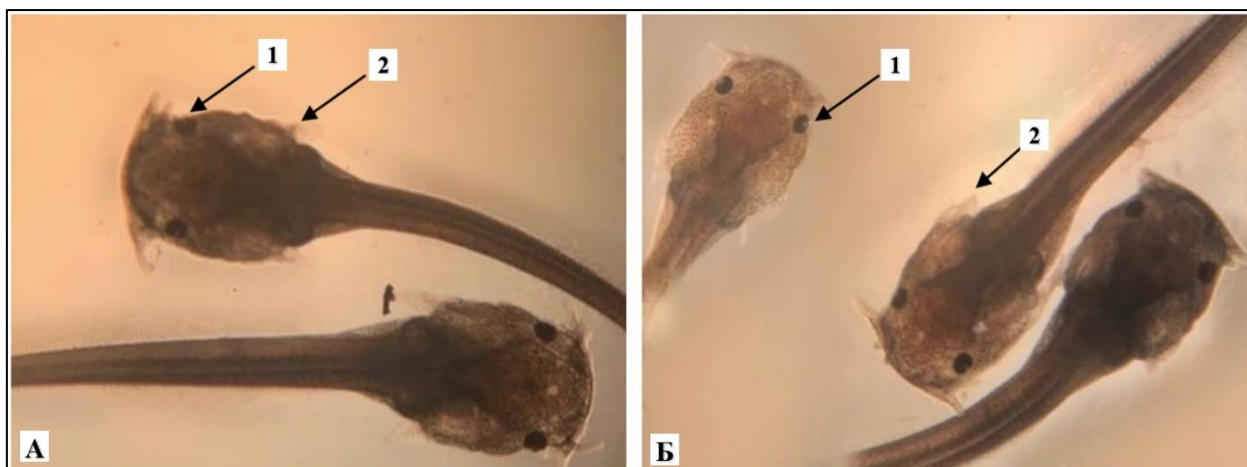


Рисунок 40 – Мальки *C. gariepinus* на 14-е сутки после оплодотворения (А – группа 2.1; Б – группа 2.2). Стрелками обозначены: 1 – зрительный аппарат; 2 – грудные плавники. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

К двухнедельному возрасту происходит полная резорбция желточного мешка, а также отмечается завершение развития органов пищеварительного канала (пищевода, желудка и кишечника), печени, почек, а также жаберного аппарата. Достаточно четко выражен зрительный аппарат и завершен процесс формирования грудных плавников.

Таким образом, результаты исследований показали, что выклев предличинок в подопытных группах произошел через 24 часа после оплодотворения и режим освещения не повлиял на количество сохранившихся жизнеспособность предличинок. Отмечается, что выклев визуально одинаковый, а выживаемость в подопытных группах составила 68–71%.

Результаты микроскопических исследований предличинок, личинок и мальков подтвердили отсутствие изменений в интенсивности гисто- и органогенеза *C. gariepinus* под действием изменения режима освещенности.

2.3.2 Эмбриогенез *C. gariepinus* под влиянием различных температурных режимов

Одним из важнейших абиотических факторов, оказывающих существенное влияние на развитие всех организмов, является температура. Для животных разных систематических групп существует оптимальный

температурный режим с минимальными и максимальными порогоми выживания. Поэтому важным является подбор комфортных показателей температуры окружающей среды, которые будут положительно воздействовать на рост и развитие организмов.

В связи с установлением отсутствия влияния световых показателей на развитие и формирование органов в ранние периоды эмбрионального и постэмбрионального развития, следующая серия опытов заключалась в изучении температурных показателей и подборе оптимальных режимов для инкубации икры *C. gariepinus*.

В ходе исследований были сформированы четыре подопытные группы:

- 3.1. Первая (контроль) – температура воды +28⁰С, согласно технологии, принятой в хозяйстве;
- 3.2. Вторая – температура воды +26⁰С;
- 3.3. Третья – температура воды +24⁰С;
- 3.4. Четвертая – температура воды +22⁰С.

Результаты исследований показали, что образование бластодиска в 3.1 (первой) и 3.2 (второй) подопытных группах происходит спустя 21 минуту, а в 3.3 (третьей) и 3.4 (четвертой) – спустя 40 минут после оплодотворения (рисунок 41).

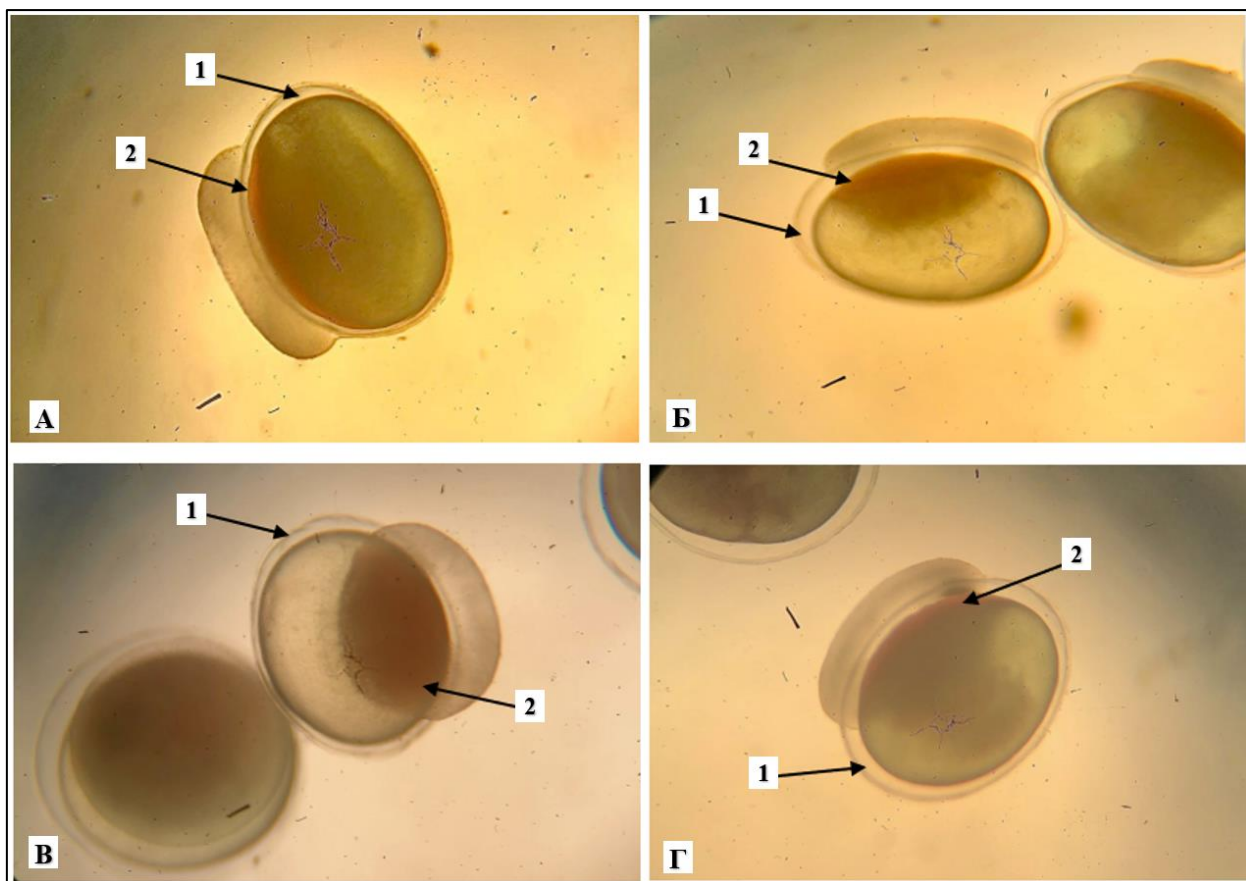


Рисунок 41 – Стадия образования бластодиска через 21 минуту после оплодотворения (А – группа 3.1, Б – группа 3.2) и 40 минут (В – группа 3.3, Г – группа 3.4).

Стрелками обозначены: 1 – оболочка клетки; 2 – бластодиск. Без окрашивания.

Увеличение $\times 40$.

Спустя 35 минут после оплодотворения можно наблюдать начало процесса дробления и образования 4–8 бластомеров в 3.1 (первой) и 3.2 (второй) подопытных группах (рисунок 42).

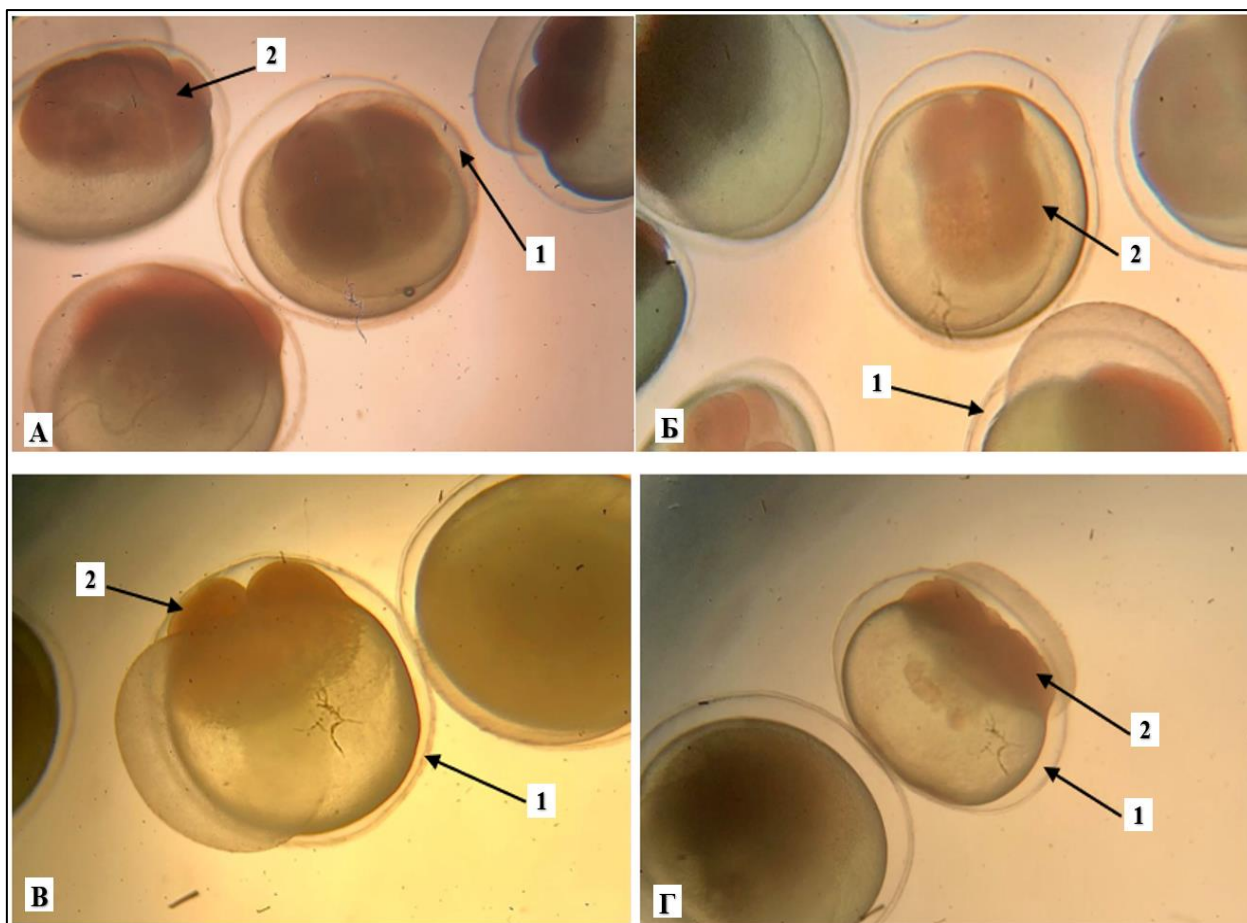


Рисунок 42 – Стадия дробления бластомеров спустя 35 минут после оплодотворения (А – группа 3.1, Б – группа 3.2) и 80 минут (В – группа 3.3, Г – группа 3.4). Стрелками обозначены: 1 – оболочка клетки; 2 – дробление зиготы. Без окрашивания.
Увеличение $\times 40$.

Отличительной особенностью между опытными образцами является то, что в 3.3 (третьей) и 3.4 (четвертой) группах данные процессы начались спустя 80 минут после оплодотворения и к этому времени сформировались всего 2–4 клетки зародыша.

Можно отметить, что понижение температуры приводит к замедлению процессов эмбрионального развития зародыша в первые 80 минут после оплодотворения икры.

Через 40 минут при температуре $+28^{\circ}\text{C}$ и $+26^{\circ}\text{C}$ насчитывается 32 бластомера, а в группах при температуре $+24^{\circ}\text{C}$ и $+22^{\circ}\text{C}$ только через 120 минут после оплодотворения видно образование 16 бластомеров (рисунок 43).

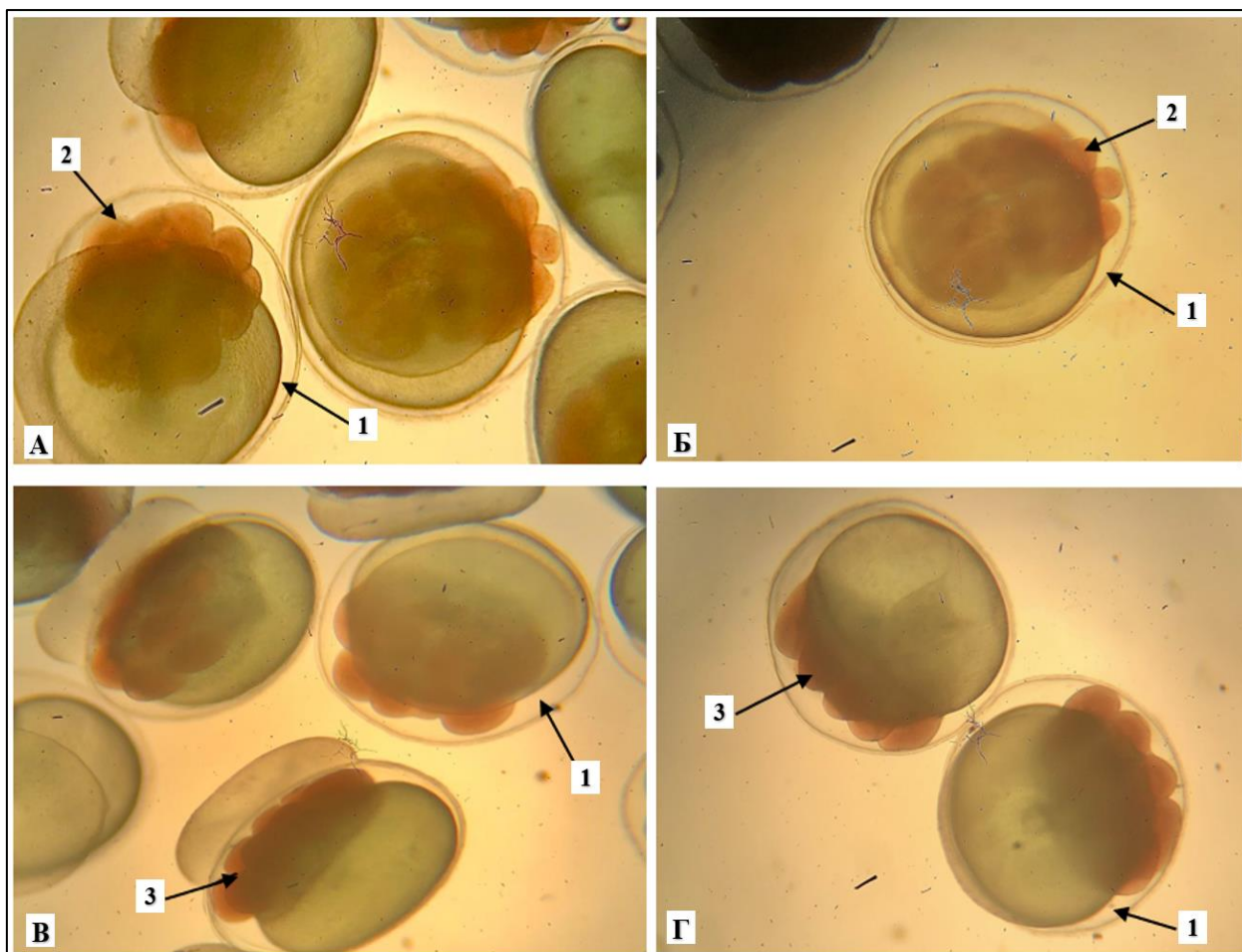


Рисунок 43 – Образование бластулы через 40 минут после оплодотворения (А – группа 3.1, Б – группа 3.2) и 120 минут (В – группа 3.3, Г – группа 3.4).

Стрелками обозначены: 1 – оболочка клетки; 2 – образование 32-х бластомеров; 3 – образование 16-и бластомеров. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

Спустя 80 минут в первых двух группах виден процесс образования бластулы – это многоклеточный зародыш (рисунок 44).

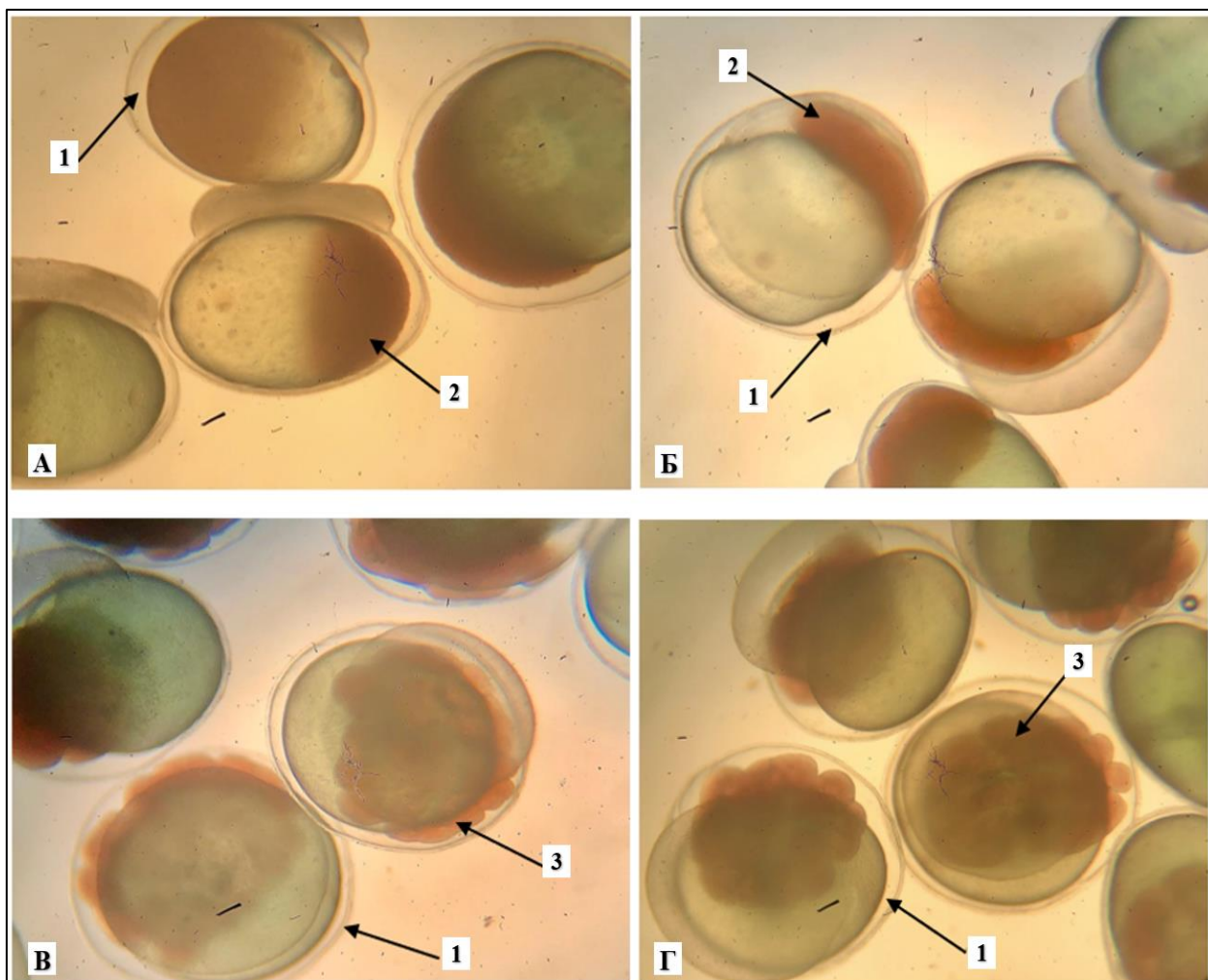


Рисунок 44 – Развитие зародыша к 80-и минутам (А – группа 3.1, Б – группа 3.2) и 200 минут (В – группа 3.3, Г – группа 3.4) после оплодотворения. Стрелками обозначены: 1 – оболочка клетки; 2 – образование морулы; 3 – бластомеры. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

Как видно на рисунке 44, в 3.3 (третьей) и 3.4 (четвертой) подопытных группах процесс дробления все еще сохраняет небольшую скорость образования бластомеров. При температуре $+24^{\circ}\text{C}$ через 4 часа после оплодотворения регистрируется завершение процесса формирования однослойного многоклеточного зародыша.

Результаты исследований в течение первых суток показали, что на фоне снижения температурных режимов с увеличением возраста эмбриона отставание в развитие становится менее заметным.

Через 24 часа после оплодотворения в группах, где температура воды составляет $+28^{\circ}\text{C}$ и $+26^{\circ}\text{C}$, наблюдается выклев предличинки (рисунок 45).

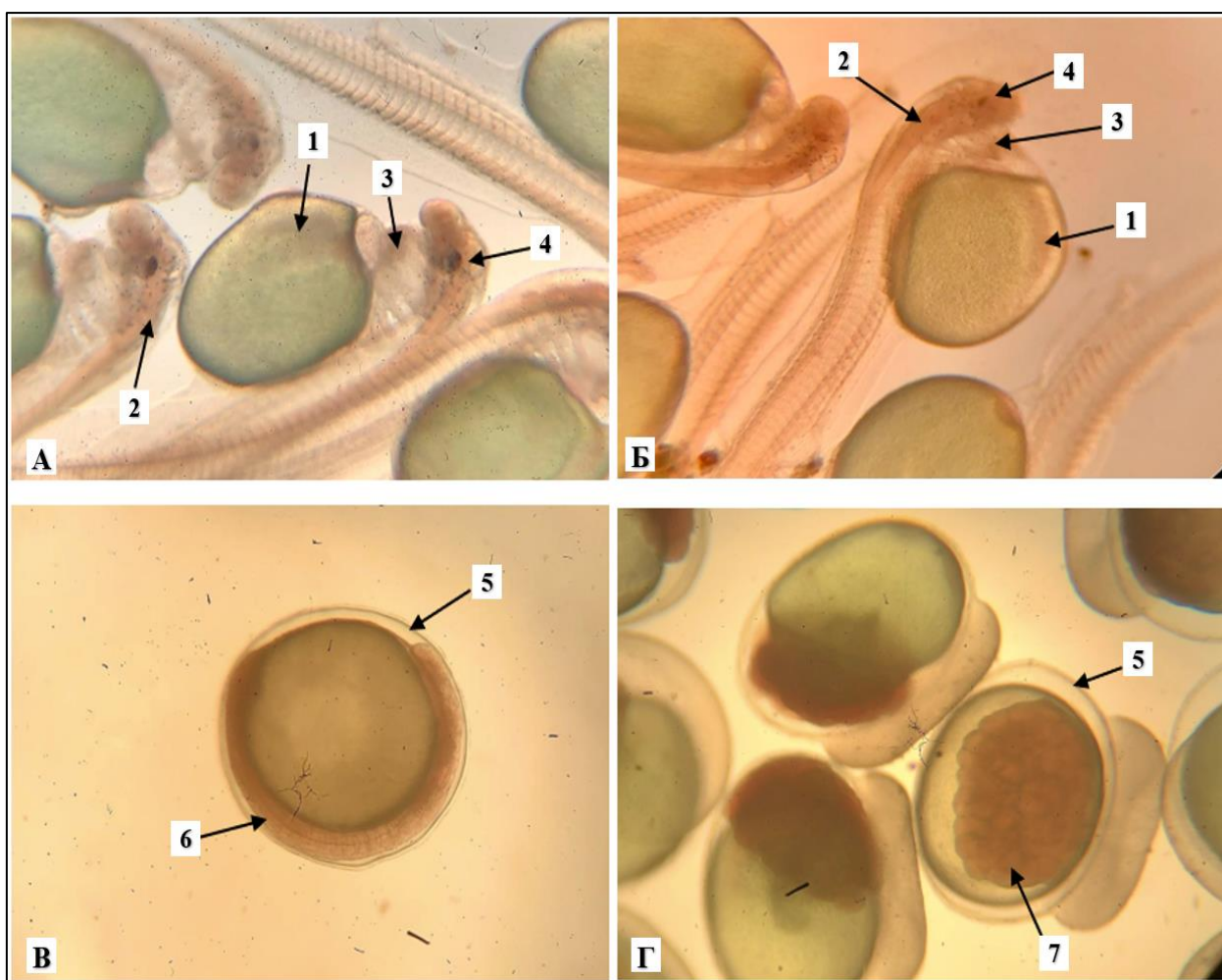


Рисунок 45 – Развитие *C. gariepinus* через 24 часа после оплодотворения (А – группа 3.1, Б – группа 3.2, В – группа 3.3, Г – группа 3.4). Стрелками обозначены: 1 – желточный мешок; 2 – нервная трубка; 3 – сердце; 4 – формирование глаза; 5 – оболочка икры, 6 – дифференцировка головного и туловищного отдела, 7 – образование морулы. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

В 3.3 (третьей) группе при значениях температуры $+24^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 3.4 (четвертой) гистогенез происходит более активно и уже наблюдается дифференцировка головного и туловищного отделов. К этому времени в 3.4 (четвертой) подопытной группе образуется бластула.

Через 36 часов у особей первых двух групп отмечается снижение темпов гистогенеза и органогенеза (рисунок 46).

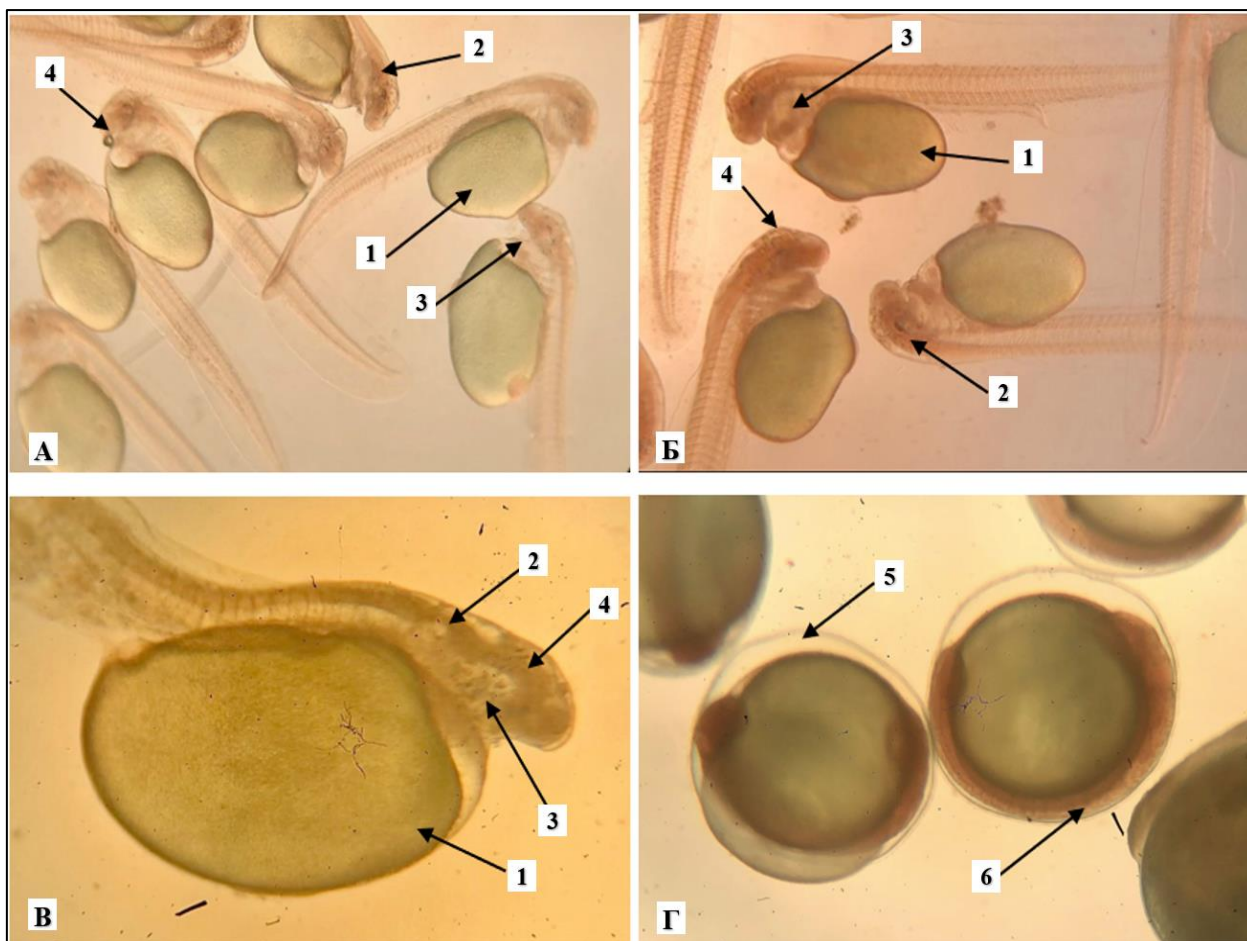


Рисунок 46 – Предличинки и икра *C. gariepinus* через 36 часов после оплодотворения (А – группа 3.1 и Б – группа 3.2 (увеличение $\times 20$), В – группа 3.3 и Г – группа 3.4 (увеличение $\times 40$)). Стрелками обозначены: 1 – желточный мешок; 2 – нервная трубка; 3 – сердце; 4 – формирование глаза; 5 – оболочка икры, 6 – дифференцировка головного и туловищного отделов зародыша. Без окрашивания.

К этому сроку в 3.3 (третьей) подопытной группе мы наблюдаем выклев и выход сформировавшихся предличинок клариевого сома из оболочки икры. В бассейне с температурой воды $+22^{\circ}\text{C}$ у изучаемых гидробионтов только начинается закладка осевых органов и дифференцировка отделов. Процесс выклева в последней подопытной группе произошел по окончании 48 часов.

Результаты оценки жизнеспособности эмбрионов в зависимости от температуры среды обитания представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Жизнеспособность *C. gariepinus* в ранние периоды онтогенеза при разных температурных режимах, n=100 (M±m)

Сроки после оплодотворения, час	Температура воды, °С			
	28	26	24	22
1	73,33±0,67	83,00±1,00	86,33±0,33	83,33±0,88
2	70,33±0,88	83,33±0,67	82,33±0,88	81,66±1,20
3	67,66±1,45	80,33±0,33	81,00±0,58	80,00±0,58
12	69,66±0,88	81,0±0,58	80,00±0,58	78,66±0,67
24	69,00±0,58	77,33±1,76	80,66±0,67	77,66±1,20
36	66,66±1,15	78,00±2,00**	81,33±1,76**	72,00±2,52**

Примечание: **P≤0,01 (0,99);

Как видно из данных, приведенных в таблице 8, наиболее высокая жизнеспособность в первый час после оплодотворения наблюдается у зародыша, инкубацию которого проводили при температуре +24⁰С. В данной группе отмечается увеличение процента жизнеспособных эмбрионов по сравнению с контролем на 13%.

Процент активных особей к концу исследования в третьей группе составляет 81,33±1,76%, что по сравнению с остальными опытными группами выше на 9,33–14,67%.

В дальнейшем личинки первых трех групп находятся на одном уровне развития, что указывает на то, что, несмотря на задержку сроков выклева предличинок 3.1 (третьей) группы в связи с разницей температуры на +2 и +4⁰С, у них процессы гисто- и органогенеза спустя 55 часов после оплодотворения протекают более интенсивно. При температуре воды +22⁰С таких активных процессов развития даже после выклева не наблюдается.

Таким образом, было установлено, что при температуре +24⁰С процесс эмбриогенеза замедляется и составляет 36 часов. При этом отмечается увеличение процента выклева предличинок на 14,67% по сравнению с

контрольной группой и составляет $81,33\% \pm 1,76\%$, сопровождаясь активным развитием тканей.

К 72-м часам у личинок первых трех подопытных групп отмечается одинаковая степень формирования органов и систем.

Согласно полученным данным, развитие зародышей происходит равномерно, с положительной динамикой. При этом температурный режим влияет как на длительность эмбрионального развития, на процент выклева, так и на активность гисто- и органогенеза исследуемого вида рыб.

2.3.3 Динамика размерно-весовых показателей *C. gariepinus* в ранние периоды онтогенеза под воздействием комплекса абиотических факторов

Как показали исследования, комплекс абиотических факторов в виде температурного и светового режимов играет особо важную роль как в жизнедеятельности, так и перспективах разведения данного вида рыб в УЗВ.

С учетом снижения экономических затрат на поддержание температуры воды, а также увеличения процента выклева и высокой активности процессов формирования тканей и органов, на наш взгляд, оптимальной температурой для проведения инкубации икры, роста и развития африканского клариевого сома в ранние периоды онтогенеза, является $+24^{\circ}\text{C}$.

В ходе производственных опытов был исследован эмбриональный период клариевого сома при оптимальной температуре со сменой световых показателей.

Для проведения эксперимента были сформированы подопытные группы: одна – контрольная, в которой животные развивались при температуре воды $+28^{\circ}\text{C}$ при темном световом режиме согласно технологии, принятой в хозяйстве, и три подопытные группы – с температурой воды $+24^{\circ}\text{C}$ при разных режимах освещенности (таблица 9).

Таблица 9 – Режим освещенности и температуры подопытных групп

Группа	Режим освещенности	Температура воды
4.1 Первая (контроль)	Темный световой режим	+28 ⁰ С
4.2 Вторая	Темный световой режим	+24 ⁰ С
4.3 Третья	Люминесцентное освещение	+24 ⁰ С
4.4 Четвертая	Светодиодное освещение	+24 ⁰ С

Анализ процента сохранности икры и предличинок проводили спустя 1, 2, 3, 12, 24 и 36 часов после оплодотворения с трехкратной повторностью. Отбиралось по 100 образцов и визуально оценивалось количество сохранивших жизнеспособность икринок и подвижность предличинок.

Результаты исследований по оценке жизнеспособности эмбрионов африканского клариевого сома в зависимости от температурных показателей и режимов освещения представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Жизнеспособность *C. gariepinus* в ранние периоды онтогенеза при разных режимах освещения, n=100
(M±m)

Сроки после оплодотворения, час	Температура воды/ режим освещения			
	+28 ⁰ С / Темный световой режим	+24 ⁰ С / Темный световой режим	+24 ⁰ С / Люминесцентное освещение	+24 ⁰ С / Светодиодное освещение
1	74,33±1,20	85,00±1,15	83,33±0,33	82,66±0,88
2	73,00±1,15	82,33±0,88	83,33±1,20	82,00±0,58
3	68,00±0,58	82,33±1,76**	81,00±0,58**	80,00±0,58*
12	71,33±1,45	82,00±1,15	81,66±1,45	73,33±6,69
24	70,00±2,08	82,33±0,88*	77,66±0,33	78,00±1,15
36	67,33±0,88	79,00±1,0*	72,00±2,52	77,33±0,88

Примечание: *P≤0,05 (0,95); **P≤0,01 (0,99).

Наиболее высокий процент жизнеспособности эмбрионов *C. gariepinus* наблюдается в течение первых 60 минут после оплодотворения при температуре +24⁰С независимо от режима освещения и по сравнению с

животными контрольной группы колеблется от 4,67 до 13%. Через 3 часа после начала инкубации при оптимальном на наш взгляд температурном режиме процент активных эмбрионов достоверно составляет $80,00 \pm 0,58$ – $82,33 \pm 1,76\%$, а у контрольной группы – всего $68,00 \pm 0,58\%$.

По завершению трех серий опытов было доказано, что в первые сутки после оплодотворения световые показатели не оказывают существенного воздействия на эмбриональное развитие изучаемых гидробионтов. В связи с этим, в инкубаторном цехе по разведению *C. gariepinus* режим освещения можно не регулировать (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., Сладкова, Н. А., 2021).

Показатель рН воды является одним из важнейших параметров для определения химических и биологических процессов, которые происходят в воде. Оптимальный кислотно-щелочной баланс положительно влияет на обменные процессы организма, процент выживаемости, а также на оптимизацию потребления кислорода данными гидробионтами.

В ходе эксперимента были сформированы четыре подопытные группы (таблица 11).

Таблица 11 – Режим температуры и рН при инкубации икры подопытных групп

Группа	Температура воды	Показатель рН
5.1 Первая (контроль)	28 ⁰ С	6,9-7,0
5.2 Вторая	24 ⁰ С	8,5
5.3 Третья	24 ⁰ С	5,5
5.4 Четвертая	24 ⁰ С	6,9-7,0

Изменяющиеся условия окружающей среды оказывают существенное влияние на выживаемость икры изучаемых рыб. Повышение щелочного показателя воды производили с помощью гидрокарбоната натрия. Результаты исследований показали, что в 5.2 (второй) подопытной группе, где рН повысили до 8,5, наблюдалось поражение оболочки икры мелкой зернистостью, что на следующий день привело к гибели эмбрионов (рисунок 47-50).

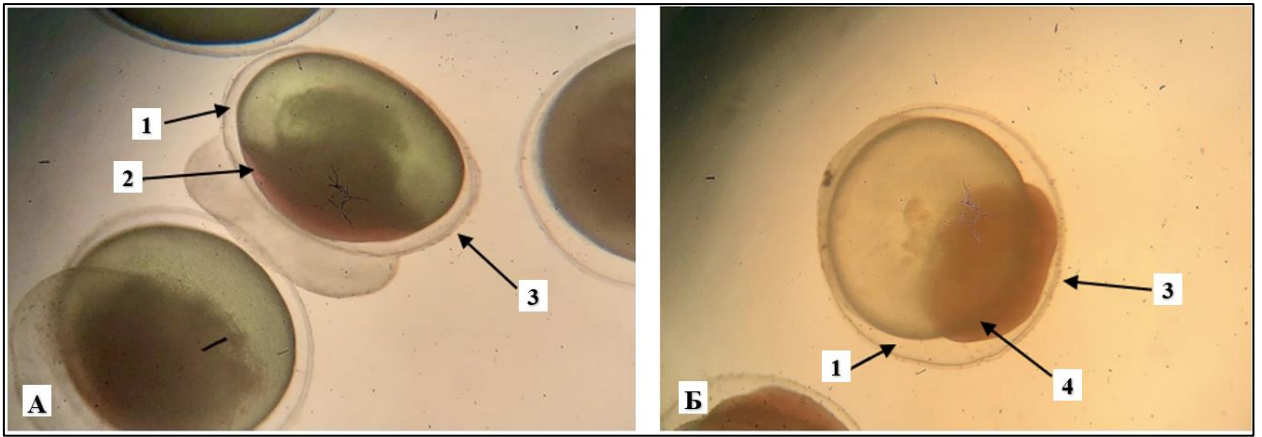


Рисунок 47 – Стадия образования бластодиска *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – оболочка клетки; 2 – образование морулы; 3 – зернистость на оболочке икры; 4 – дробление зиготы. Без окрашивания. Увеличение x40.

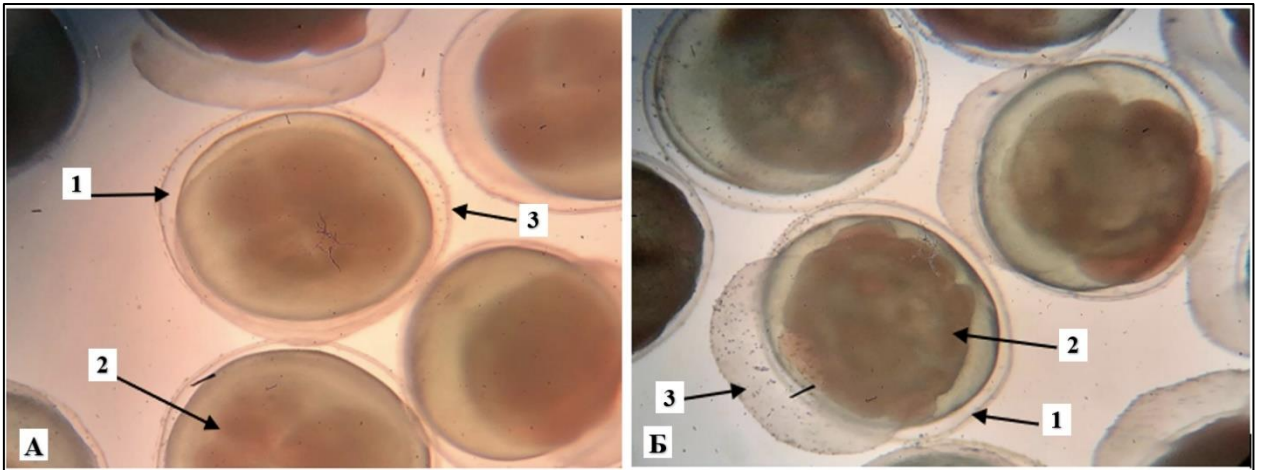


Рисунок 48 – Стадия дробления *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – оболочка клетки; 2 – дробление зиготы; 3 – зернистость на оболочке икры. Без окрашивания. Увеличение x40.

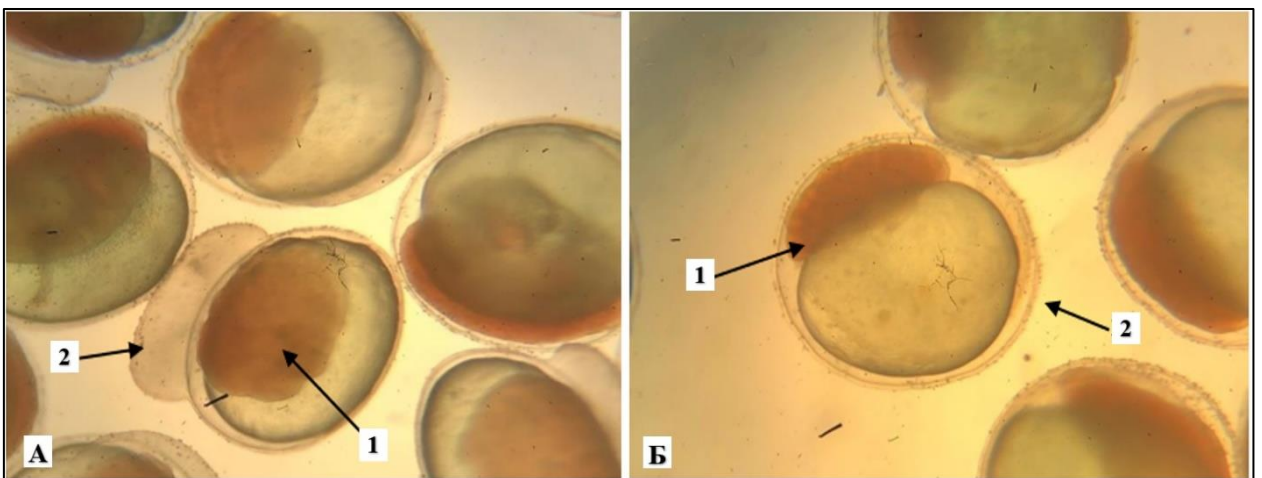


Рисунок 49 – Стадия дробления *C. gariepinus* и образование морулы. Стрелками обозначены: 1 – образование морулы; 2 – зернистость на оболочке икры. Без окрашивания. Увеличение x40.

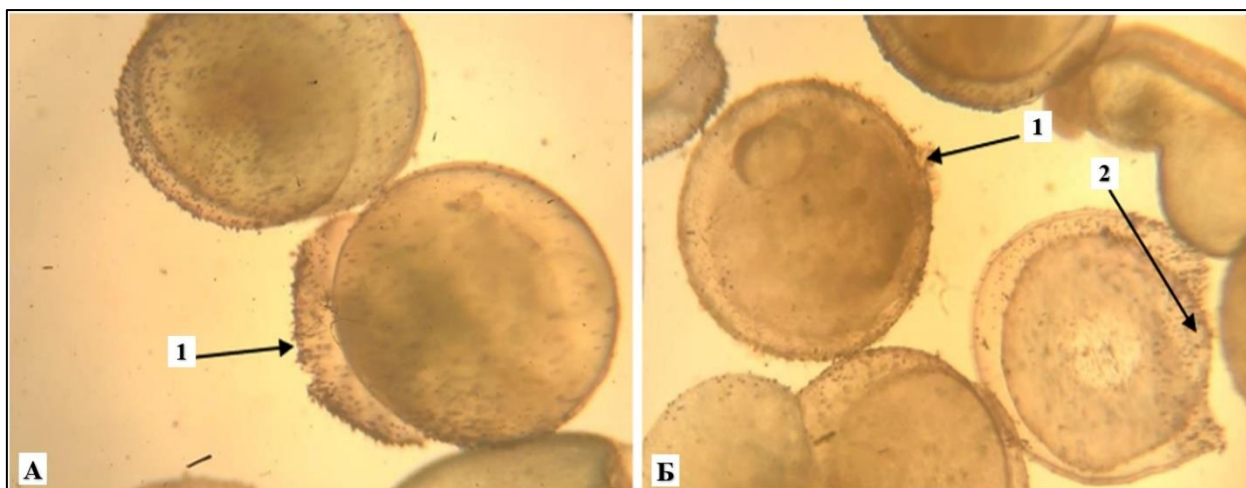


Рисунок 50 – Гибель эмбрионов *C. gariepinus* на вторые сутки после оплодотворения. Стрелками обозначены: 1 – зернистость на оболочке икры; 2 – разрушение клетки. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

Исследования показали, что изменение рН среды в щелочную сторону негативно влияет на развитие оплодотворенной икры. Наблюдается мелкая зернистость на оболочке икры, что в дальнейшем приводит к гибели на вторые сутки после оплодотворения.

Снижение показателя рН в кислую сторону (рН 5,5) проводили за счет добавления ортофосфорной кислоты. В 5.3 (третьей) подопытной группе, где была создана кислая среда, при размещении икры на инкубационную сетку сразу же наблюдалось склеивание образцов. Через 60 минут наступила деформация всех икринок и нарушение целостности их оболочек (рисунок 51).

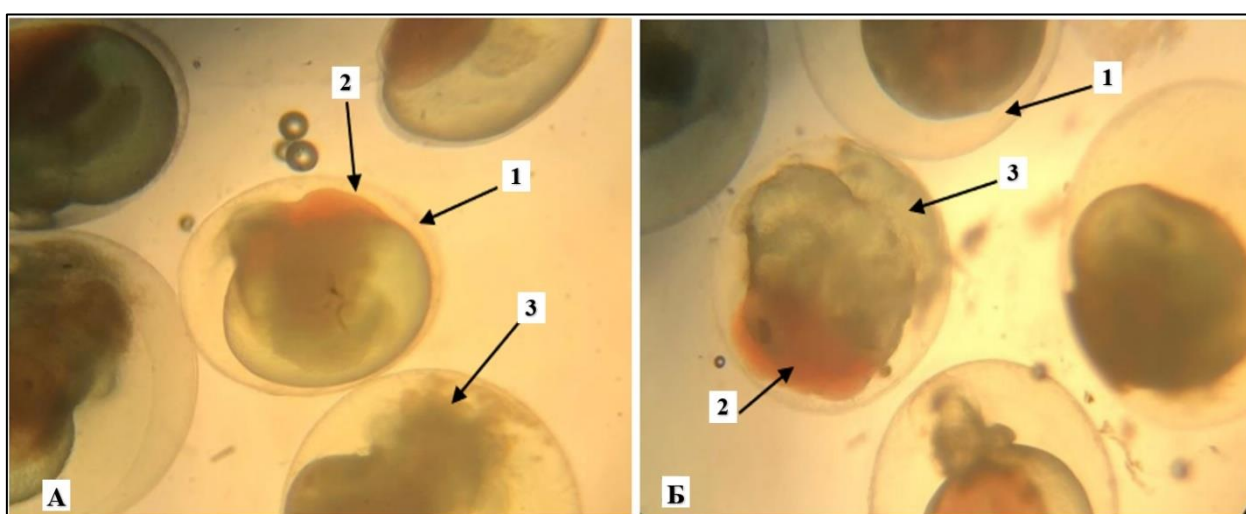


Рисунок 51 – Гибель икры *C. gariepinus* в первые 60 минут после оплодотворения. Стрелками обозначены: 1 – оболочка икры; 2 – дробление зиготы; 3 – разрушение участков икры. Без окрашивания. Увеличение $\times 40$.

Через 24 часа после оплодотворения, в воде с кислой рН содержимое икринок темнеет и сморщивается, что сопровождается разрушением оболочек и образованием хлопьевидной взвеси в воде (рисунок 52).

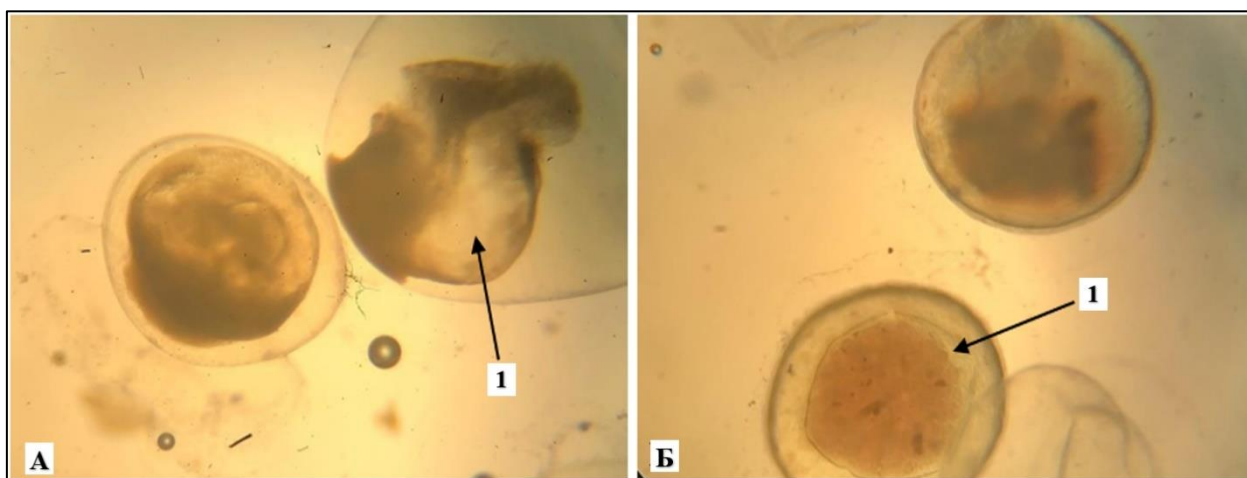


Рисунок 52 – Состояние икры *C. gariepinus* через 24 часа после оплодотворения. Стрелками обозначены: 1 – поврежденные зародыши. Без окрашивания. Увеличение x40.

Результаты исследований показали, что снижение водородного показателя в кислую сторону оказывает негативное воздействие, в частности вызывает гибель икры в первые часы после оплодотворения. При этом было установлено, что оптимальной является нейтральная среда с показателем рН 6,9-7,0. При использовании данных параметров наблюдается положительная динамика в росте и развитии изучаемых гидробионтов (Гринюк, Е. С., 2022).

Исходя из данных исследований можно сделать вывод, что из изученных абиотических факторов на ранние периоды онтогенеза наибольшее воздействие оказывают температура и значение водородного показателя воды в рамках исследованных значений.

Таким образом, полученные результаты исследований позволили установить, что оптимальной как с точки зрения биологических процессов, так и снижения экономических затрат, является температура +24⁰С при значениях рН 6,9-7,0. Режим освещенности не оказывает существенного воздействия и может быть скорректирован с учетом производственных процессов в цехе инкубации икры и выращивания предличинки, личинок и мальков *C. gariepinus*.

2.4 Усовершенствование метода изготовления гистологических препаратов в ранние периоды онтогенеза

Специфика данной работы требует адаптации гистологической техники к изменяющемуся гетероморфизму тканей. Для изучения микроструктуры изготавливаются гистологические препараты, качество которых зависит от многих факторов. Наиболее сложным является исследование различных мелких объектов аквакультуры, в частности предличинок и личинок многих видов рыб.

Основным недостатком всех известных гистологических кассет является то, что они не обеспечивают должной фиксации положения предличинок и личинок рыб, а также являются одноразовыми, что увеличивает материальные затраты. Данные кассеты не позволяют разместить образцы мелких объектов в конкретном направлении, что затрудняет детальное исследование анатомо-физиологических и гистологических особенностей развития органов гидробионтов в ранние периоды онтогенеза.

Разработанная нами полезная модель для изготовления качественных и информативных микропрепаратов позволяет получить четкие срезы в спинно-брюшных и латеральных плоскостях.

Полезная модель может быть использована для изготовления гистологических препаратов на этапах фиксации, дегидратации, парафинизации цельных объектов, которая полностью помещается в объектодержатель микротом.

Для достижения поставленной цели мы внесли изменения в конструкцию гистологической кассеты.

Параметры гистологической кассеты: 40 мм в длину, 28 мм в ширину и 3 мм в высоту. Состав материала: полиоксиметилен (ПОМ). Благодаря данному составу, полезная модель устойчива к различным агрессивным средам, которые используются в процессе фиксации, обезвоживания и уплотнения гистологических препаратов.

Мы перфорировали пластик, из которого изготавливали полезную модель, что позволяет беспрепятственно проникать фиксаторам, спиртам и парафину к исследуемым пробам.

Для нумерации и подписей на кассете предусмотрена небольшая пластина без перфорации, которая имеет достаточную длину и ширину (соответственно 28 мм и 6 мм) как для письменных обозначений, так и электронной маркировки, используемой в специализированных лабораториях.

Крышка разработанной гистологической кассеты перфорирована, плотно прилегает к основанию, что обеспечивает фиксацию материала в первоначальном положении без применения одноразовых гистологических прокладок.

Основание гистологической кассеты представлено также перфорированными лунками в количестве шести штук. Оно подразделяется на 3 лунки, где материал должен располагаться в боковом горизонтальном положении, и 3 лунки, где материал может располагаться продольно.

Лунки внутри основания имеют характерные размеры, которые повторяют параметры и силуэт предличинок и личинок гидробионтов, в том числе африканского клариевого сома. Головной отдел имеет ширину 1 мм, средний отдел – 2 мм, хвостовой отдел – 1 мм. Сужение позволяет лучше удерживать образец в определенном положении.

Применение в ходе исследований разработанной гистологической кассеты дало возможность получить информативные микропрепараты личинок *C. gariepinus*, представленных на рисунках 53 и 54.

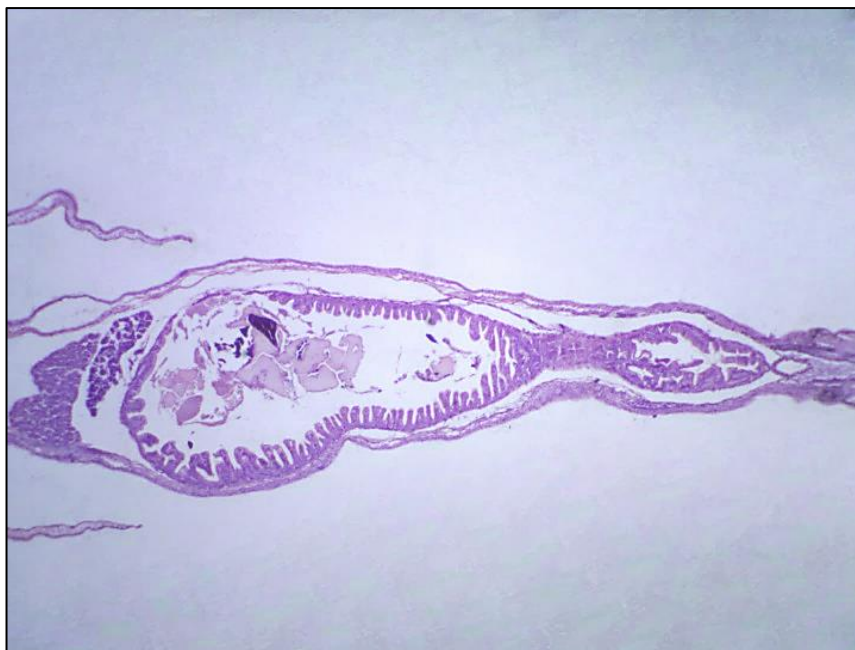


Рисунок 53 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus* в фронтальной плоскости. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение x40.



Рисунок 54 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus* в сагиттальной плоскости. Окраска по Ван-Гизон трихром. Увеличение x40.

Благодаря данной гистологической кассете, можно отчетливо определить передний и хвостовой конец изучаемого гидробионта за счет необходимого расположения данного объекта. На представленных микропрепаратах отчетливо визуализируется передний отдел африканского клариевого сома (рисунок 55).

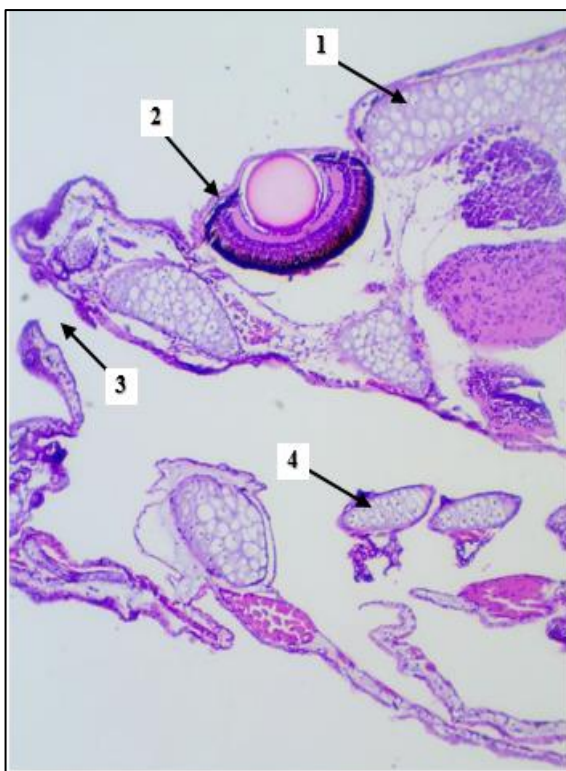


Рисунок 55 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus* в сагиттальной плоскости. Стрелками обозначены: 1 – хрящевые пластинки мозговой части черепа; 2 – сетчатка глаза; 3 – ротовая полость; 4 – глоточные хрящи. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение $\times 200$.

Микропрепарат, изготовленный в гистологической кассете с лунками, за счет расположения личинок в сагиттальной плоскости позволил определить архитектуру слоев глазного яблока (рисунок 56).



Рисунок 56 – Архитектоника слоев глазного яблока. Стрелками обозначены: 1 – пигментный слой; 2 – сетчатый слой; 3 – ганглиозный слой; 4 – внутренний плексиформный слой, 5 – радужка; 6 – хрусталик. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина. Увеличение $\times 400$

При этом следует указать, что разработанная гистологическая кассета может быть применена не только для исследования ранних периодов онтогенеза рыб, но и других небольших биологических объектов (Гринюк, Е. С., Мкртчян, М. Э., 2022).

2.5 Оценка эффективности различных методов окраски гистологических препаратов *C. gariepinus*

Важнейшим этапом при изготовлении гистологических препаратов является контрастирование, которое позволяет визуализировать системы органов и тканей. При исследовании микропрепаратов личинок, мальков и органов африканского клариевого сома, были применены различные методы окраски для селективного выявления гистологических структур.

Для визуализации органов пищеварительной, выделительной и дыхательной систем, дальнейшего изучения и выбора оптимального метода окрашивания были использованы различные способы окраски.

При оценке эффективности методов окраски были отобраны наиболее удачные протоколы, которые позволяют определить конкретные структуры, характерные признаки различных органов.

При использовании окраски по Маллори удастся выделить структуры мышечной ткани (рисунок 57).

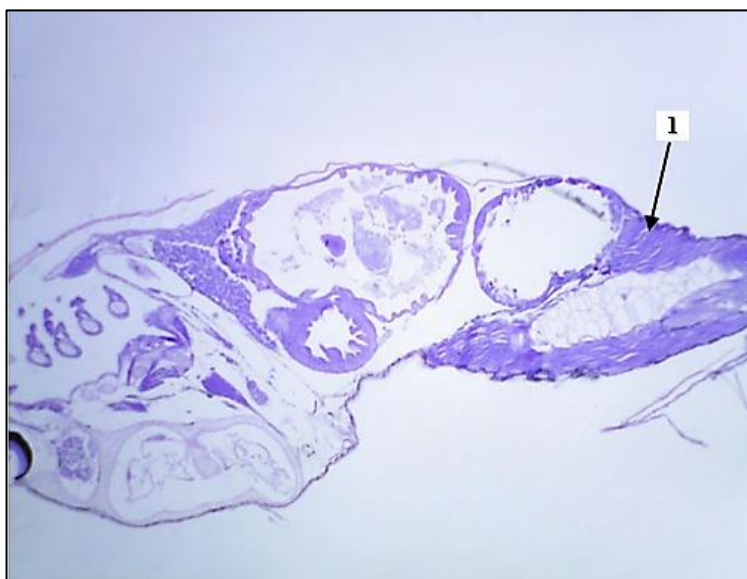


Рисунок 57 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus*.
Стрелкой обозначена: 1 – мышечная ткань. Окраска по Маллори. Увеличение x40.

Как представлено на рисунке 58, окрашивание микропрепаратов гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина визуализирует строение большинства внутренних органов.

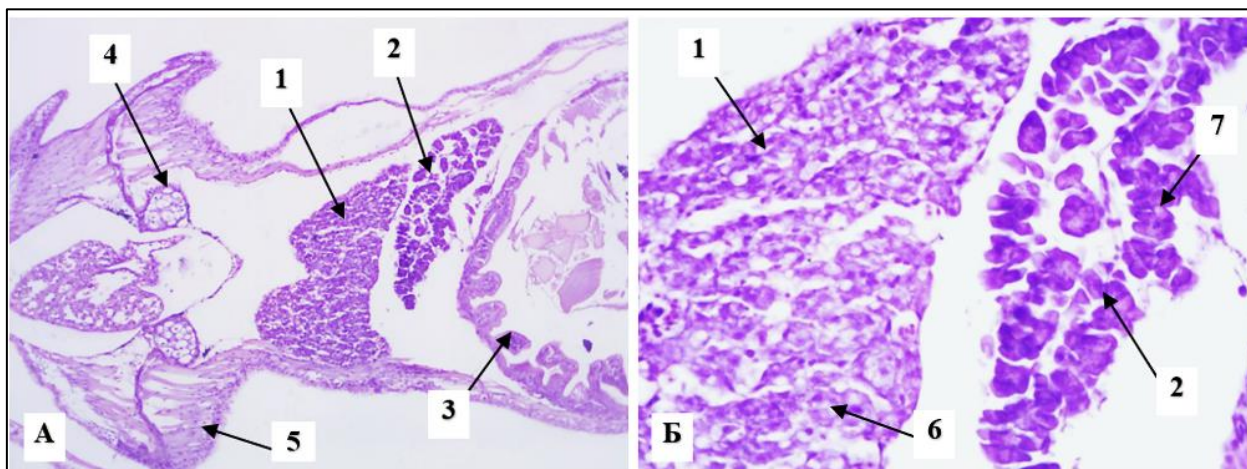


Рисунок 58 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus* А(х100), Б(х400). Стрелками обозначены: 1 – печень; 2 – поджелудочная железа; 3 – желудок; 4 – хрящевая ткань; 5 – мышечная ткань, 6 – гепатоциты, 7 – панкреатиты. Окраска гематоксилином Джилла и 1,0% спиртовым раствором эозина.

На представленных гистологических срезах данный способ окраски позволяет изучить строение органов пищеварительной системы (желудок, печень, поджелудочная железа и другие), а также элементы хрящевой и мышечной ткани скелета. У личинок в гепатопанкреасе в составе паренхимы просматриваются основные клетки печени – гепатоциты. При данном методе окраски также можно обнаружить панкреоциты с четкими границами клеток, у которых хорошо дифференцируются темная базальная и более светлая апикальная зоны (за счет скопления гранул зимогена).

Необходимо обратить внимание, что на представленных микропрепаратах не все выбранные методы окраски позволяют отчетливо определить структуры изучаемых органов.

Окрашивание гистопрепаратов методом для выявления возраста фибрина (методом MSB по Лендруму) можно определить топографию органов пищеварительной системы (рисунок 59).

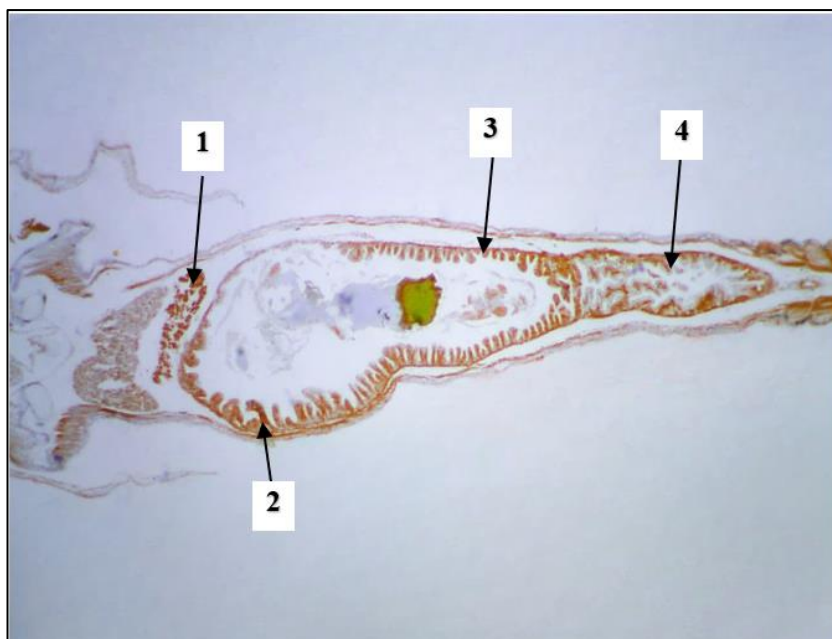


Рисунок 59 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – поджелудочная железа; 2 – передний отдел кишки; 3 – средний отдел кишки; 4 – задняя кишка. Окраска для выявления возраста фибрина. Увеличение $\times 40$.

При использовании окраски для гистологических срезов, которая позволяет выявить возраст фибрина, мы смогли подробно рассмотреть строение и границы слизистых секреторных клеток пищевода, а также характерные особенности рыхлой волокнистой соединительной ткани (РВСТ) (рисунок 60).

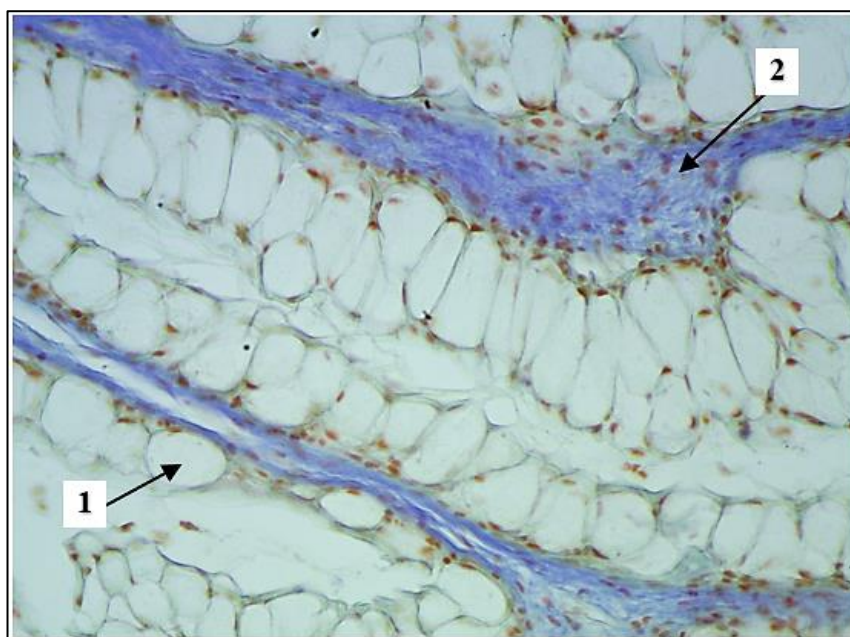


Рисунок 60 – Гистологический срез слизистой оболочки пищевода *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – слизистые клетки; 2 – рыхлая волокнистая соединительная ткань. Окраска для выявления возраста фибрина. Увеличение $\times 400$.

Так, в ходе исследований установлено, что окрашивание личинок клариевого сома красителем Ван-Гизон трихром позволяет дифференцировать клетки поджелудочной железы и структуры мышечной ткани (рисунок б1).

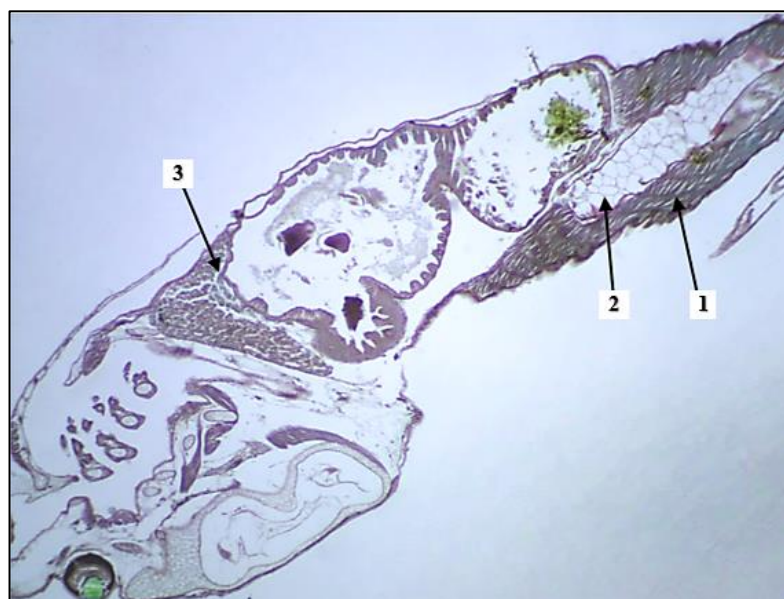


Рисунок б1 – Гистологический срез личинки *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – мышечная ткань; 2 – жировая ткань; 3 – поджелудочная железа. Окраска по Ван-Гизон трихром. Увеличение x40.

При окрашивании препаратов красителем Ван-Гизон трихромом стенка желудка и печень слабо визуализируются. При этом ткани поджелудочной железы просматриваются хорошо, в них четко видны экзокриноциты ацинусов (рисунок б2).

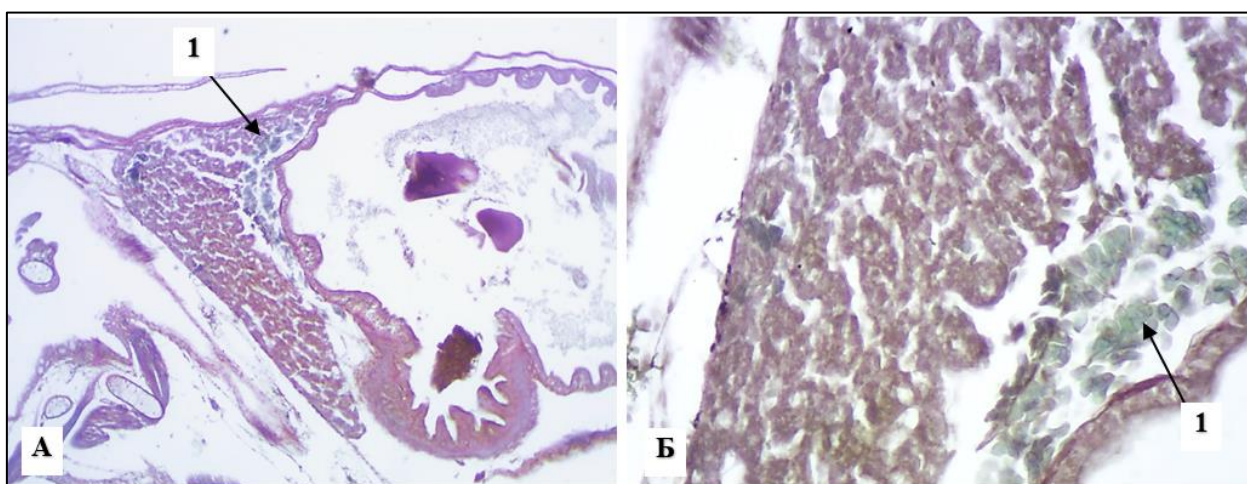


Рисунок б2– Гистологический срез личинки *C. gariepinus* А(x100), Б(x400). Стрелкой обозначена: 1 –поджелудочная железа. Окраска по Ван-Гизон трихром.

При исследовании гистопрепаратов различных органов, окрашенных по

Перльсу, установлена слабая визуализация клеточных границ гепатоцитов, однако отчетливо видны ядра столбчатого эпителия слизистой оболочки пищеварительного канала и меланоциты кожи – специализированные клетки отростчатой формы, которые вырабатывают пигмент меланин (рисунок 63).

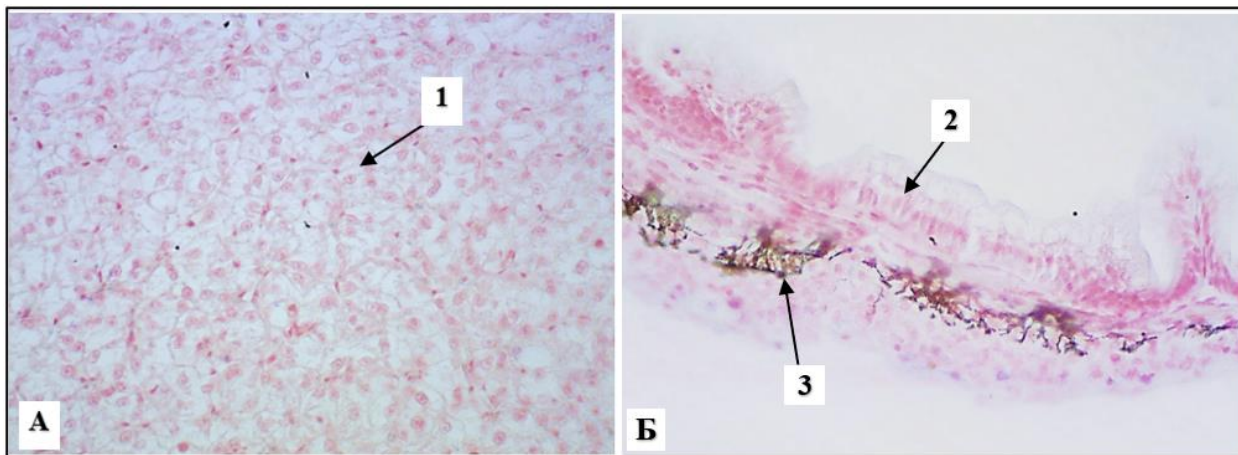


Рисунок 63 – Микропрепарат печени (А) и слизистой оболочки пищеварительного канала (Б) *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – гепатоциты; 2 – ядра эпителиоцитов; 3 – меланоциты. Окраска по Перльсу. Увеличение x400.

Окрашивание препаратов как по Маллори, так и гематоксилином Джилла с 1% спиртовым раствором эозина позволяют увидеть границы клеток хрящевой ткани (рисунок 64).

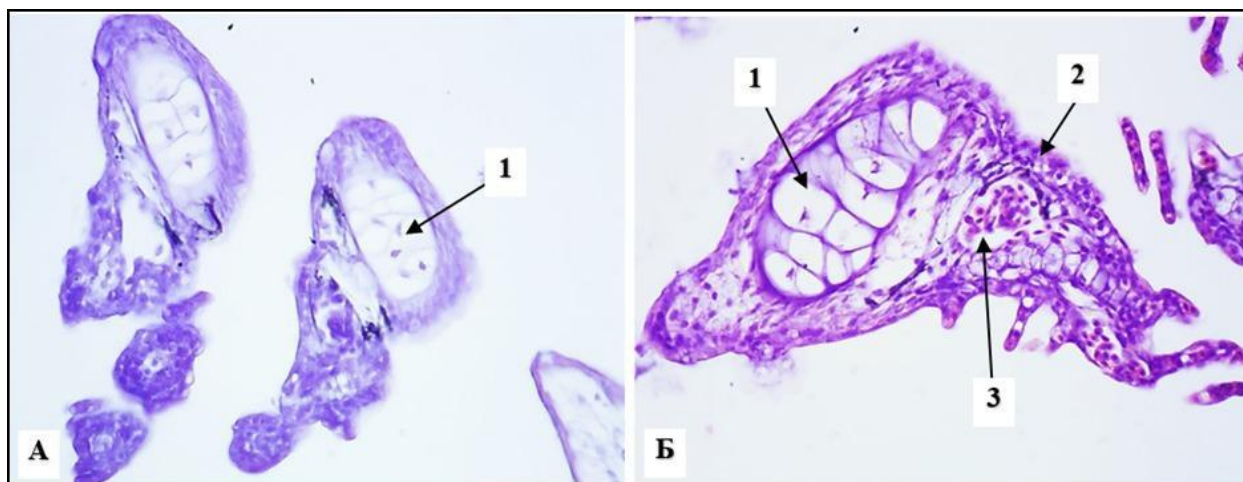


Рисунок 64 – Микропрепарат жабр *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – хрящевая ткань; 2 – эпителиальная пластинка жабр; 3 – форменные элементы крови. Окраска по Маллори (А), гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина (Б). Увеличение x400.

Однако эпителиальная пластинка жабр и форменные элементы крови в венозном сосуде лучше просматриваются при окрашивании вторым методом

гистологической окраски (гематоксилином Джилла с 1% спиртовым раствором эозина).

Наиболее эффективными для оптимальной окраски тканей и органов *S. gariepinus*, по нашему мнению, являются гематоксилин Джилла и 1% раствор эозина, толуидиновый синий, а также окраска по Ван-Гизон трихрому (рисунок 65–66).

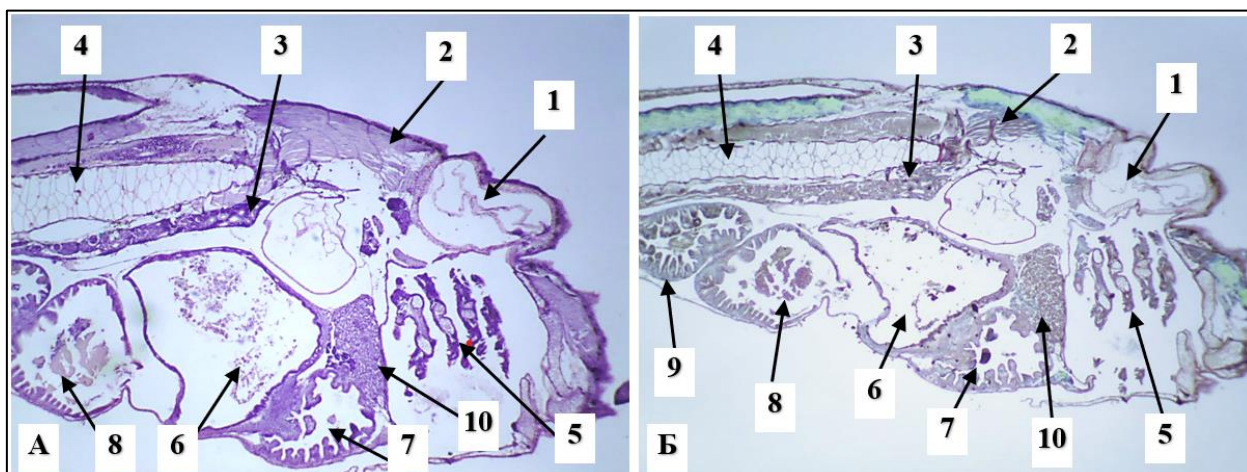


Рисунок 65 – Гистологический срез личинки *S. gariepinus*. Стрелками обозначены:

- 1 – глазная орбита; 2 – мышечная ткань; 3 – каналцы почек; 4 – жировая ткань;
 5 – глоточные хрящи; 6 – желудок; 7 – передний отдел кишки; 8 – средний отдел кишки;
 9 – задняя кишка; 10 – печень. Окраска гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина (А) и по Ван-Гизон трихрому (Б). Увеличение x40.

С помощью некоторых красителей удалось также хорошо визуализировать жаберный аппарат клариевого сома. Как видно на рисунке 66, при приведенных ниже окрасках можно подробно изучить строение первичных и вторичных ламелл, основа которых образована гиалиновой хрящевой тканью.

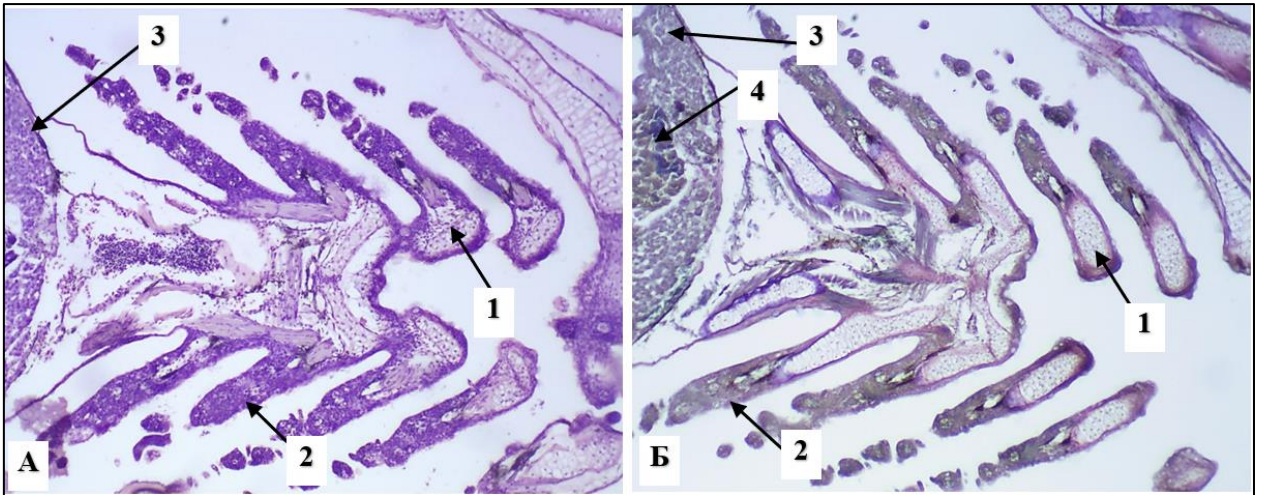


Рисунок 66 – Гистологический срез жабр *C. gariepinus* в фронтальной плоскости. Стрелками обозначены: 1 – хрящевая ткань; 2 – эпителиальная ткань жабр; 3 – печень; 4 – поджелудочная железа. Окраска гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина (А) и по Ван-Гизон трихромом (Б). Увеличение $\times 100$.

Выбранные оптимальные методы окраски позволяют определить строение всех слоев органа пищеварительного канала. На микропрепарате пищевода хорошо визуализируются границы между слоями стенки пищевода, они отчетливо дифференцируются друг от друга за счет специфических структур (рисунок 67).

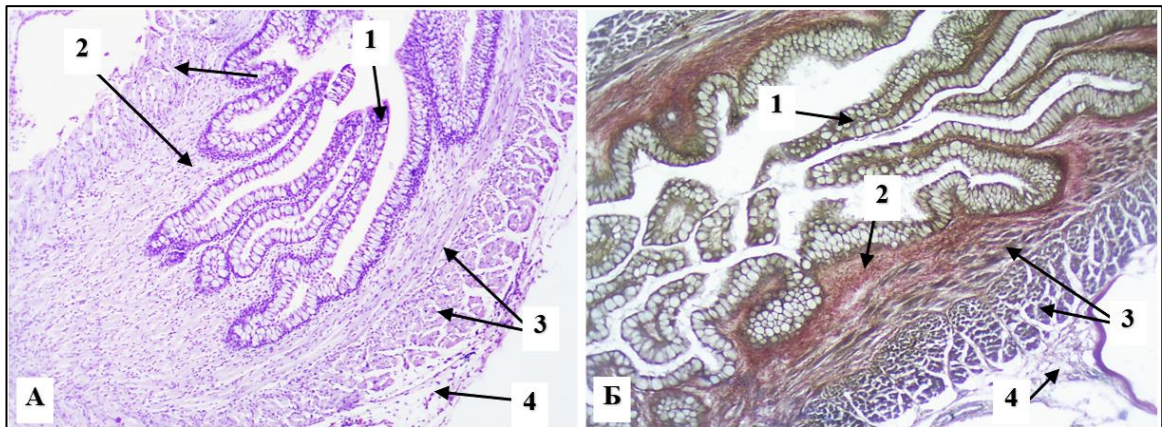


Рисунок 67 – Микропрепарат стенки пищевода *C. gariepinus*. Стрелками обозначены: 1 – слизистая оболочка; 2 – подслизистая оболочка; 3 – мышечная оболочка; 4 – РВСТ наружной оболочки. Окраска гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина (А) и по Ван-Гизон трихромом (Б). Увеличение $\times 100$.

Эпителиальная пластинка пищевода на гистологическом срезе представлена многослойным плоским неороговевающим эпителием. В слизистой оболочке хорошо просматриваются слизистые клетки, а в подслизистой оболочке видна развитая рыхлая волокнистая соединительная

ткань, в которой контрастно визуализируется направление коллагеновых и эластических волокон.

На рисунке 68 удалось идентифицировать участок перехода многослойного плоского неороговевающего эпителия пищевода эктодермального происхождения в однослойный однорядный железистый эпителий желудка энтодермального происхождения.

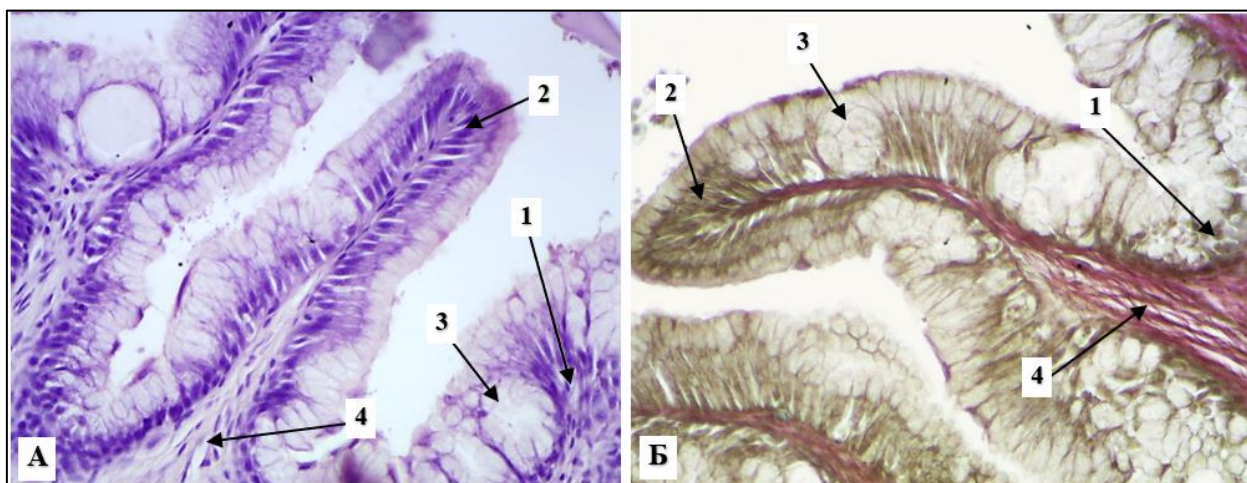


Рисунок 68 – Участок перехода эпителия пищевода *C. gariepinus* эктодермального происхождения в эпителий желудка энтодермального происхождения. Стрелками обозначены: 1 – многослойный плоский неороговевающий эпителий пищевода; 2 – однослойный однорядный железистый эпителий желудка; 3 – слизистые клетки; 4 – рыхлая волокнистая соединительная ткань. Окраска гематоксилином Джилла и 1% спиртовым раствором эозина (А) и по Ван-Гизон трихрому (Б). Увеличение x400.

Таким образом, использование перечисленных методов окраски позволило дифференцировать клетки и их границы. Можно также четко определить строение различных тканей и органов в онтогенезе, в частности, микроструктуру печени, поджелудочной железы, выявить особенности в строении желудка и отделов кишечника. Следует отметить, что наименее удачными методами окраски, на наш взгляд, оказались окраски по Перльсу, а также альциановым синим (рисунок 69).

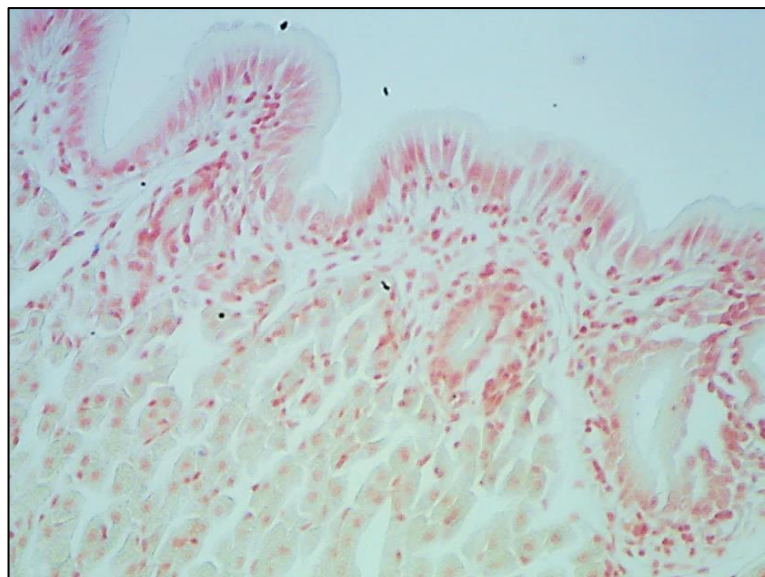


Рисунок 69 – Гистологический срез желудка *C. gariepinus*.
Окраска по Перльсу. Увеличение x400.

Как видно на рисунке 69, выраженность и избирательность окраски заметно уступает другим использованным в работе гистологическим окраскам. Границы эпителиоцитов в слизистых оболочках органов пищеварительного канала при этом трудно визуализировать. Контуры и детали цитоплазмы клеток весьма расплывчато выглядят. Отсутствует возможность дифференцировки волокон в рыхлой волокнистой соединительной ткани.

Таким образом, для окраски тканей и органов *C. gariepinus* наиболее эффективными с точки зрения визуализации большинства структур, на наш взгляд, являются гематоксилин Джилла и 1% спиртовой раствор эозина, толуидиновый синий, а также окраска по Ван-Гизон трихромом. Однако, следует отметить, что изученные селективные методы окраски также можно применять, но для выявления конкретных тканей и органов на определенных этапах онтогенеза.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение эмбрионального и раннего постэмбрионального развития рыб является актуальным и малоизученным направлением.

Оценка морфологического состояния рыб отражает эффективность рыборазведения, как отрасли, которая является одной из перспективных направлений и активно поддерживается на государственном уровне.

По данным Ильмаст, Н. В. (2005), Пономарева, Е. Н. (2005), Уголев, А. М. (1972), Александрова, У. С. (2018), пищеварительная система рыб имеет характерные особенности. В своих работах Katoh, F. et al. (2003), Hiroi, J., Kaneko, et al. (1999), Avella, M. et al. (1997), Awaad, AS et al. (2014) указывают, что слизистая оболочка пищевода выстлана многослойным плоским неороговевающим эпителием с большим количеством слизистых клеток и ионоцитов (ранее назывались хлоридными клетками), которые способствуют поддержанию оптимального осмотического, ионного и кислотно-щелочного баланса.

Результаты исследований не противоречат информации, которая представлена в работах зарубежных авторов. Данный вид клеток имеет округлую форму с оксифильно окрашенной цитоплазмой и центрально расположенным ядром. Было установлено, что при добавлении в корм комплексной биологической добавки отмечается увеличение количества ионоцитов в слизистой оболочке пищевода.

Как утверждает Genten, F. (2009), у представителей разных видов рыб в ротовой полости, около жаберных тычинок, усиков имеются вкусовые луковицы. Однако данных по наличию этих структур у африканского клариевого сома в доступной литературе мы не обнаружили. В результате проведения гистологических исследований были обнаружены вкусовые луковицы в ротовой полости и в стенке пищевода. Эти структуры представлены в виде образований округлой формы, с четко различимыми границами. Хорошо дифференцируются поддерживающие эпителиоциты веретеновидной формы с палочковидными ядрами и вкусовые клетки.

При проведении анализа отечественной и зарубежной литературы мы не обнаружили фотографий микропрепаратов, в которых отмечен участок перехода стенки пищевода в желудок. При изготовлении микропрепаратов мальков *C. gariepinus* в слизистой оболочке пищеварительного канала был обнаружен участок перехода многослойного плоского эпителия слизистой пищевода эктодермального происхождения в однослойный однорядный призматический эпителий желудка энтодермального происхождения.

В работах Романовой, Е. М. с соавт. (2021), Moawad, U. K. et al. (2017), Arellano, J. M. et al. (2017), Osman, A. H. K. et al. (1991), Ekele, I., et al. (2014), Мельченкова, Е. А. с соавт. (2008) указывается, что стенка желудка мраморного сома имеет типичное строение. Многие авторы (Бовкун, Г. Ф. с соавт., 2002; Дудикова, Г. Н. с соавт., 2016) указывают на благоприятное воздействие на организм кормовых добавок, в частности пробиотиков, которые способствуют формированию органов и систем в ранние периоды онтогенеза, улучшают процессы переваривания и всасывания питательных веществ, следовательно, повышают конверсию кормов. Результаты этих авторов совпадают с изученной в нашей работе микроструктурой стенки желудка. Было установлено, что при добавлении в корм биологической добавки, содержащей в своем составе комплекс лакто- и бифидобактерий, визуально отмечается увеличение количества желудочных желез и утолщение мышечной оболочки стенки желудка, что свидетельствует об активной работе органов пищеварительной системы.

Согласно данным Костоусова, В. Г. (2018), Любомировой, В. Н. с соавт., (2020), Грушко, М. П., (2020), Пирог, А. В., с соавт., (2015, 2017), Салмовой, Н. А. с соавт., (2012), Постниковой, О. А. с соавт., (2011), Спириной, Е. В. с соавт., (2019) печень является пищеварительной железой, которая участвует в образовании желчи, обменных процессах белков, жиров и углеводов, обеспечивает трофическую, защитную, а в эмбриогенезе и кроветворную функции. Согласно описанию печени, приведенному в указанных источниках литературы, междольковая соединительная ткань у рыб развита слабо, и,

исходя из этого можно сказать, что дольчатость не выражена. В ранние периоды онтогенеза печень африканского клариевого сома, как указывают Пирог, А. В. и Ложниченко, О. В. (2015, 2017), заполнена большим количеством жировых вакуолей, что связано с метаболизмом липидов и запасанием витамина А. В ходе исследований мы также обнаружили большое количество вакуолизированных гепатоцитов в печени у рыб контрольной группы. При изучении микроструктуры таких клеток при большом увеличении микроскопа мы установили, что несмотря на сохранение четких границ и наличие центрально расположенного ядра округлой формы, они имеют оптически пустую цитоплазму, что свидетельствует о гидропической дистрофии печени. Однако необходимо указать, что добавление в ранние периоды постнатального развития в корм *C. gariepinus* пробиотической добавки, содержащей комплекс лакто- и бифидобактерий, значительно уменьшает количество вакуолизированных клеток в печени. Это, на наш взгляд, положительная тенденция, так как гепатоциты могут полноценно выполнять не только депонирующую, но и другие важные функции по желчеобразованию и желчевыделению, детоксикации и другие.

Согласно данным Костоусова, В. Г., (2018), Figueiredo-Fernandes, A. M. et al. (2007), Genten, F. (2009), поджелудочная железа состоит из экзокринных ацинусов эллипсоидной формы, кубические клетки которых на апикальном полюсе содержат большого количества секреторных гранул. Полученные результаты гистологических препаратов аналогичны данным, представленным в отечественной и зарубежной литературе.

Пирог, А. В. с соавт. (2017) указывают в своей работе, что развитие наджаберного органа у *C. gariepinus* происходит на пятый день после выклева. Жаберные лепестки развернуты в обе стороны, создавая эффект двухрядности. Как утверждает Зялалов, Ш. Р. с соавт. (2017), наджаберный орган африканского клариевого сома является аналогом легкого. Было зафиксировано, что наиболее активная работа наджаберного органа осуществляется при влажности 81%. Лабенец, А. В. и Севрюкова, В. Н. (1999)

считают, что особенность многофункциональной дыхательной системы африканского клариевого сома свидетельствует о перспективах его разведения в УЗВ.

При исследовании органов дыхания клариевого сома мы изучили строение первичных и вторичных ламелл, а также эпителиальной пластинки жаберного аппарата и структуру хрящевой ткани. В изготовленных микропрепаратах капиллярная сеть была умеренно развита и кровенаполнена, что указывает на активное насыщение организма животных кислородом в условиях искусственного рыборазведения.

По данным Заварзина, А. А. (1985), Боброва, О. В., (2005), органы мочевыделительной системы развиваются из мезодермы и обеспечивают гомеостаз всего организма за счет выведения продуктов обмена. Первичная почка у сомообразных – это парный орган, длинной и вытянутой формы, располагается вдоль позвоночника и имеют ярко выраженный темно-бордовый цвет. Согласно данным Пирог, А. В. и Ложниченко, О. В. (2016), у африканского клариевого сома первичная почка представлена почечными везикулами и располагается на небольшом участке между желточным мешком и анальным отверстием.

По результатам, полученным в ходе исследования, было установлено, что по мере роста длины тела и длины головы, а также прироста живой массы, наблюдалось увеличение количества проксимальных почечных канальцев и почечных телец. Данные результаты указывают на качественную и слаженную работу мочевыделительной системы по выведению конечных продуктов обмена и поддержанию водно-солевого баланса. Результаты исследований микроструктуры гистологических препаратов почек личинок и мальков *C. gariepinus* показали, что при добавлении в корм пробиотиков с содержанием комплекса лакто- и бифидобактерий наблюдается положительная динамика гисто-и органогенеза.

Как утверждают Любомирова, В. Н. с соавт., (2020), Мухитова, М. Э. с соавт., (2017) и Шленкина, Т. М. с соавт., (2020), разведение клариевого сома

осуществляется с помощью установок замкнутого водоснабжения, которые позволяют регулировать параметры среды обитания, которая оказывает существенное воздействие на ранние периоды эмбрионального развития.

В связи с этим мы исследовали влияние различных абиотических факторов на ранние периоды онтогенеза *C. gariepinus*.

По данным Гельфанова, М. С., Филатова, В. М. (2022) одним из важнейших абиотических факторов, которые влияют на гисто- и органогенез животных, является температура. В своих работах Власов, В. А. (2012) и Маилкова, А. В. (2006) отмечают, что оптимальной температурой для обеспечения роста и развития клариевого сома считается +25-32⁰С. Однако Денисенко, О. С. (2013) и Романова, Е. М. с соавт., (2016) утверждают, что температурный режим для данного гидробионта не должен превышать +28-30⁰С, что после наступления половой зрелости приводит к увеличению общей массы животного на 20%. Некоторые исследователи (Ракова, Л. Ю. и Акимова, Д. Ю., 2017; Шинкаревич, Е. Д., 2019) указывают, что оптимальным температурным режимом для разведения *C. gariepinus* в УЗВ является +26-28⁰С.

Данные утверждения не противоречат нашим изысканиям. Так, мы определили, что отличия в показателях температуры влияют на скорость и процент выклева предличинок клариевого сома. Однако в результате исследований было установлено, что оптимальной температурой, на наш взгляд, для проведения инкубации икры в УЗВ, сохранения высокого процента выживаемости и полноценного формирования тканей и органов, является +24⁰С. Эти данные подтверждаются результатами микроскопии эмбрионов в первые сутки после оплодотворения.

Исходя из полученных результатов научных работ, было установлено, что длина волны света и ее цвет оказывают влияние на жизнедеятельность изучаемых объектов аквакультуры. Исследования по влиянию световых показателей были приведены в работах Гельфанова, М. С. (2022), Усова, М. М. (2013), Гордеева, А. (2003), Захарова, В. С. (2010), Журавлевой, Н. Г. (2009),

Лютикова, А. А. (2013), Власова, В. А. (1991), Пономаренко, В. В., с соавт., (1992), Adewolu, M. A. (2008), Appelbaum, S. Survival (2000), Bovendeur, J. (1987). Однако следует отметить, что полученные результаты не однозначны, а иногда и противоречивы. Так, по данным Власова, В. А. с соавт., (2013), интенсивность освещения влияет на формирование органов центральной нервной системы. В работе Ручина, А. Б. с соавт., (2008) изучена степень развития рыб в зависимости от цвета освещения. Результаты исследования Кузьминой, В. В. и Куливацкой, Е. А. (2017) доказали влияние света на степень формирования кишки. Как утверждает Крючков, В. И. с соавт., (2006), понижение уровня света оказывает негативное воздействие на органогенез. Согласно данным Бретт, Д. (1983), увеличение длины светового дня влияет на активную работу гормона роста. Непрерывное освещение в условиях рыбоводческого хозяйства стимулирует активное потребление корма с 13:00 до 19:00 вечера (Власов, В. А., 1991).

По результатам исследований было установлено, что как режим, так и вид освещения в ранние периоды онтогенеза не оказывают существенного влияния на формирование органов и тканей. Режим света можно корректировать с учетом производственных процессов в цехе инкубации икры и выращивания предличинок, личинок и мальков *C. gariepinus*.

Лукиянов, С. В. (2010) в своей работе отметил, что водородный показатель является одним из основных для определения химических и биологических процессов в организме. По данным Полянских, А. Г. с соавт., (2020), был установлен оптимальный водородный показатель для развития *C. gariepinus*, который варьирует в пределах от 6,5 до 8,0. Однако Ndubuisi, U. Ch. et al. (2015), в своей работе установили критические пороги, которые приводят к ускоренному развитию или к гибели.

По результатам исследований было установлено, что повышение водородного показателя в сторону щелочной среды до 8,5 негативно влияет на развитие оплодотворенной икры африканского клариевого сома. Наблюдается мелкая зернистость на оболочке икры, что в дальнейшем приводит к гибели на

вторые сутки после оплодотворения. Снижение показателя рН в кислую сторону до 5,5 в УЗВ оказывает негативное воздействие, в частности наблюдается гибель икры в первые часы после оплодотворения. При этом было установлено, что оптимальной является нейтральная среда с показателем рН 6,9-7,0. При использовании данных параметров наблюдается положительная динамика в росте и развитии изучаемых гидробионтов.

Таким образом, полученные результаты доказали, что на интенсивность процессов гисто- и органогенеза существенное воздействие оказывают как применение кормовых добавок, так и абиотические факторы среды обитания *C. gariepinus*. Эти данные дополняют общие сведения о морфологических особенностях ранних периодов онтогенеза африканского клариевого сома.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Период эмбрионального развития считается самым главным в формировании организма, так как именно этот этап влияет на дальнейшую продуктивность *C. gariepinus*. Установленные морфологические данные с точки зрения, как теоретической, так и практической значимости, вносят существенный вклад в изучение динамики гисто- и органогенеза в пренатальные и ранние постнатальные периоды развития африканского клариевого сома.

При выращивании рыбы в установках замкнутого водоснабжения существенную роль играют биотические и абиотические факторы: температура, водородный показатель, освещенность и кормовые добавки. Все эти параметры имеют важное значение для роста и развития африканского клариевого сома.

По результатам, полученным в ходе научного эксперимента, сделаны следующие выводы:

1. В ранние периоды онтогенеза наблюдается положительная динамика гисто- и органогенеза, а также отмечается интенсификация развития органов пищеварительной, дыхательной и мочевыделительной систем личинок и мальков *C. gariepinus* при добавлении в корм пробиотиков с содержанием лактобактерий и комплекса лакто- и бифидобактерий. Это проявляется на 14-й день после выклева снижением количества вакуолизированных клеток в печени.

2. К двухмесячному возрасту на фоне применения комплексной кормовой добавки отмечается увеличение количества желудочных желез и ионоцитов (хлоридных клеток) в пищеводе, по сравнению с мальками остальных подопытных групп.

3. Применение комплекса *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и *Bifidobacterium lactis* сопровождается максимальным увеличением длины тела и головы по сравнению с остальными подопытными группами и к двухмесячному возрасту составляет $137,62 \pm 2,82$ мм и $29,72 \pm 0,87$ мм

соответственно. Максимальный прирост массы *C. gariepinus* отмечается на фоне применения комплекса пробиотических препаратов и к двухмесячному возрасту составляет 17,306 г, что выше показателей животных контрольной группы на 36,05%.

4. Результаты исследований показали, что образование бластодиска у эмбриона *C. gariepinus* происходит в течение первых 21-40 минут после оплодотворения. Спустя 35-80 минут после оплодотворения можно наблюдать начало процесса дробления и образования 4-8 бластомеров. Через 24 часа после оплодотворения в группах, где температура воды составляет +28⁰С и +26⁰С, наблюдается выклев предличинок, а при +24⁰С и +22⁰С он происходит через 36 и 48 часов соответственно. Результаты исследований в течение первых суток показали, что на фоне снижения температурных режимов с увеличением возраста эмбриона отставание в развитие становится менее заметным.

5. При инкубации икры при температуре +24⁰С отмечается увеличение процента выклева предличинок на 14,67% и более активное их развитие к 36-и часам после оплодотворения. Таким образом, температурный режим влияет как на длительность эмбрионального развития, на процент выклева, так и на активность органогенеза изучаемых животных.

6. Повышение водородного показателя рН до 8,5 негативно влияет на развитие оплодотворенной икры африканского клариевого сома, что проявляется мелкой зернистостью на поверхности икры, с последующей гибелью зародыша на вторые сутки после оплодотворения. Снижение показателя рН до 5,5 приводит к разрушению оболочки икры в первые часы после оплодотворения. Оптимальной является нейтральная среда с показателем рН 6,9-7,0. При использовании данных параметров наблюдается положительная динамика в росте и развитии изучаемых гидробионтов.

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Применение комплекса лакто- и бифидобактерий в виде сухой пробиотической добавки в рыбоводческих хозяйствах повышает прирост массы и ускоряет процессы завершения органогенеза *C. gariepinus* в постэмбриональный период.

Полученные данные могут быть использованы при выборе оптимальной температуры и значений рН для разведения африканского клариевого сома в эмбриональный и постэмбриональные периоды развития. Это поможет снизить себестоимость содержания данного вида животных и повысить рентабельность производства.

Режим освещенности может быть скорректирован с учетом производственных процессов в цехе инкубации икры и выращивания предличинок, личинок и мальков мраморного сома, так как он не оказывает существенного воздействия на их рост и развитие.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Полученные оригинальные данные позволяют рекомендовать добавление в рацион в первый месяц после выклева кормовой добавки, состоящей из комплекса лакто- и бифидобактерий, которая оказывает положительное влияние на процент выклева, а также развитие предличинок, личинок и мальков африканского клариевого сома.

Исследование влияния различных кормовых добавок и факторов среды обитания на эмбриональное развитие и ранние периоды онтогенеза *C. gariepinus* перспективно и требует дальнейшего изучения при промышленном разведении рыбы в установках замкнутого водоснабжения.

7. СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

УЗВ – установки замкнутого водоснабжения

АТФ – аденозинтрифосфорная кислота

Тыс. тонн – тысяч тонн

Рис – рисунок

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

РВСТ – рыхлая волокнистая соединительная ткань

Остальные сокращения применены согласно международной системе единиц.

8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова, У. С. Выращивание нетрадиционных объектов аквакультуры в условиях установок с замкнутым водоиспользованием / У. С. Александрова, А. В. Ковалев, К. Д. Матишов. – DOI 10.7868/S25000640180409 // Наука Юга России. – 2018. – № 14. – С. 74–81.
2. Александрова, У. С. Экспериментальные исследования по адаптации клариевого сома к изменениям температуры выращивания / У. С. Александрова // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России: материалы Междунар. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 1–3 окт. 2014 г.) / Рос. акад. наук [и др.]; гл. ред. Г. Г. Матишов. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2014. – ISBN 978–5–4358–0094–4. – С. 155–157.
3. Аминов, А. И. Влияние гербицида Раундап на активность гликозидаз в кишечнике молоди рыб при различных значениях рН и температуры // Вестник Мордовского университета. – 2013. – Т. 23, № 3–4. – С. 58–62.
4. Анисимова, И. М. Ихтиология. Учебник / И. М. Анисимова, В. В. Лавровский – М.: «Агропромиздат», 1991. – 255 с.
5. Антагонистическая активность пробиотических штаммов / Ю. В. Червинец, В. М. Червинец, А. М. Самоукина, Е. С. Михайлова // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 2. – С. 73.
6. Артеменков, Д. В. Выращивание клариевого сома (*C. gariepinus*) на комбикормах с добавками пробиотика Субтилис в условиях УЗВ: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.04.01 / Артеменков Дмитрий Владимирович; [Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева]. – Москва: [МСХА], 2013. – 140 с.
7. Африканский сом – перспективный объект аквакультуры в средней полосе России / Е. А. Мельченков, В. В. Приз, Е. А. Чертихина, Т. А. Канидьева // Рыбное хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 72–77.
8. Бабурина, Е. А. Развитие глаз у круглоротых и рыб в связи с экологией / Е. А. Бабурина. – Москва: Наука, 1972. – 145 с.

9. Байдалинова, Л. С. Биохимия сырья водного происхождения: учеб. пособие / Л. С. Байдалинова, А. А. Яржомбек. – Москва: Моркнига, 2011. – 506 с.
10. Басова, Е. В. Технохимическая характеристика клариевого сома / Е. В. Басова, Е. Е. Иванова, В. Я. Складов // Известия вузов. Серия: Пищевая технология. – 2013. – № 5–6. – С. 18–20.
11. Боброва, О. В. Формирование мочевыделительной функции в мезонефросе осетровых рыб на 36–45–й стадиях эмбриогенеза // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. – 2005. – № 3. – С. 73–78.
12. Бовкун, Г. Ф. Аэрогенное применение пробиотиков // Птицеводство. – 2002. – № 4. – С. 23–25.
13. Бондаренко, А. Б. Клариевый сом / А. Б. Бондаренко, Г. А. Сычев, В. В. Приз // Рыбоводство. – 2008. – № 1. – С. 30–31.
14. Бондаренко, А. Б. Африканский сом – перспективный объект для тепловодных хозяйств и приусадебного рыбоводства // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию Моск. Рыбоводно-мелиоративной подопытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР, Москва, 11-13 апр. 2005 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т ирригационного рыбоводства; редкол.: Е. Г. Серветник [и др.]. – Москва: [Б. и.], 2005. – Т. 1. – С. 296–299.
15. Брайнбалле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения: введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы / Якоб Брайнбалле. – Копенгаген: Eurofish, 2010. – 70 с.
16. Бретт, Д. Факторы среды и рост рыб // Биоэнергетика и рост рыб / под ред. У. Хоара [и др.]; пер. с англ. В. И. Лапина [и др.] под ред. М. И. Шатуновского, Ю. Ю. Дгебуадзе. – Москва: Легкая промышленность, 1983. – С. 275–345.

17. Буяров, В. С. Эффективность применения биологически активных добавок в рыбоводстве / В. С. Буяров, Ю. А. Юшкова // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (60). – С. 30–39.
18. Ветеринарно-санитарная экспертиза проб радужной форели (*Onchorynchus mykiss*) при применении препарата "SMARTBIOTIC" / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, К. П. Иванова [и др.] // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 4. – С. 117–119.
19. Власов, В. А. Воспроизводство и выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в установках с замкнутым водообеспечением (УЗВ) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012. – № 7. – С. 26–35.
20. Власов, В. А. Оптимальные световые режимы при выращивании карпа в искусственных условиях // Известия ТСХА. – 1991. – Вып. 4. – С. 139–147.
21. Власов, В. А. Рекомендации по воспроизводству и выращиванию клариевого сома с использованием установок с замкнутым циклом водообеспечения / В. А. Власов, А. П. Завьялов, Ю. И. Есавкин. – Москва: Росинформагротех, 2010. – 48 с. – ISBN: 978–5–7367–0757–7.
22. Влияние нарушений условий инкубации икры на выживаемость и генетический полиморфизм личинок русского осетра (*Acipenser guldenstadtii* Brandt) / А. С. Мамонова, Е. И. Шишанова, И. В. Тренклер, М. В. Офицеров // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 77–86.
23. Влияние пробиотика "Сибмос ПРО" на рост сеголетков алтайского зеркального карпа в условиях прудового хозяйства / Т. А. Литош, Е. В. Пищенко, И. В. Морузи, Г. А. Ноздрин // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – № 4(26). – С. 87–94.
24. Влияние пробиотика «Бацелл–м» на микробиоценоз кишечника и систему антиоксидантной защиты *Cyprinus carpio* / Н. П. Саврасова, Е. В. Михайлов, С. Н. Семенов [и др.]. – DOI 10.53914/issn2311–

6870_2023_2_5 // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2023. – № 2 (21). – С. 5–13.

25. Влияние пробиотика «Споротермин» на ткани печени африканского клариевого сома в индустриальной аквакультуре / Е. В. Спирина, Е. М. Романова, В. Н. Любомирова, Т. М. Шленкина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4 (48). – С. 83–88.

26. Влияние света на рост и развитие рыб / В. А. Власов, Н. И. Маслова, С. В. Пономарев, Ю. М. Баканева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 24–34.

27. Влияние светового фактора на поведение, возбудимость нервной системы и темпы роста молоди шипа. / В. В. Пономаренко, В. И. Крючков, Ю. И. Левкович [и др.] // Материалы VIII Научной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб. – Петрозаводск: Наука, 1992. – С. 46–47.

28. Влияние температуры и плотности посадки на показатели периферической крови африканского клариевого сома в условиях / Т. М. Шленкина, Е. М. Романова, В. В. Романов, Л. А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (52) – С. 167–172.

29. Гельфанов, М. С. Оценка гидрохимических показателей среды в УЗВ при содержании клариевого сома *C. gariepinus* / М. С. Гельфанов, В. М. Филатов // Актуальные проблемы природопользования и природообустройства: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 28-29 ноября 2022 г. / Пенз. гос. аграр. ун-т; под ред. И. А. Байракова, И. А. Лушкина. – Пенза: [ПГАУ], 2022. – С. 45–48.

30. Гистологическая характеристика кишечника африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на фоне использования пробиотика «Споротермин» / Е. М. Романова, Е. В. Спирина, В. Н. Любомирова, В. В.

Романов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4 (48). – С. 76–82.

31. Голованова, И. Л. Раздельное и сочетанное влияние температуры, рН и тяжелых металлов (Cu, Zn), на активность карбогидраз кишечника рыб // Токсикологический вестник. – 2011. – № 1 (106). – С. 32–35.

32. Голованова, И. Л. Влияние абиотических факторов (температура, рН, тяжелые металлы) на активность карбогидраз объектов питания ихтиофагов / И. Л. Голованова, В. К. Голованов // Вопросы ихтиологии. – 2011. – Т. 51, № 5. – С. 657–664.

33. Голованова, И. Л. Влияние абиотических факторов (температура, рН, тяжелые металлы) на активность глюкозида у беспозвоночных животных // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2011а. – Т. 47, № 1. – С. 15–20.

34. Гордеев, А. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в УЗВ при различных плотностях посадки / А. Гордеев, В. А. Власов, А. П. Завьялов // Животные в городе: материалы II–ой науч.-практ. конф., Москва, 12–15 сент. 2003 г. / Ин–т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова; редкол.: В. Д. Васильев [и др.]. – Москва: [Б. и.], 2003. – С. 239–241.

35. Гринюк, Е. С. Влияние световых показателей на развитие *Clarias gariepinus* в период раннего онтогенеза / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян, Н. А. Сладкова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2021. – № 4. – С. 111–114.

36. Гринюк, Е. С. Влияние абиотических факторов на рост и развитие *Clarias gariepinus* в ранний период онтогенеза // Актуальные проблемы экологии и природопользования: материалы нац. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, Санкт-Петербург, 12–13 мая 2022 г. / С.-Петерб. гос. ун-т ветеринарной медицины; отв. ред. К. В. Племяшов. – Санкт-Петербург: [СПбГУВМ], 2022. – С. 15–17.

37. Гринюк, Е. С. Гистологическое строение печени *Clarias gariepinus* под воздействием пробиотиков в постэмбриональном периоде / Е. С. Гринюк,

М. Э. Мкртчян, Д. И. Сафронов // Интеграция науки и образования в аграрных ВУЗах для обеспечения продовольственной безопасности России: сб. тр. нац. Науч-практ. конф., Тюмень, 01–03 ноября 2022 г. / Гос. аграр. ун-т Сев. Зауралья. – Тюмень: [Б. и.], 2022. – С. 17–24.

38. Гринюк, Е. С. Гистологическая кассета для исследований ранних стадий онтогенеза *Clarias gariepinus* / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян // Эколого–биологическое благополучие растительного и животного мира: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Благовещенск, 20-21 окт. 2022 г. / Дальневост. гос. аграр. ун–т [и др.]; отв. ред. А. В. Сенчик [и др.]. – Благовещенск: [ДГАУ], 2022. – С. 88.

39. Гринюк, Е. С. Микроструктура органов пищеварительного канала *Clarias gariepinus* на фоне применения пробиотиков / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян, Д. И. Сафронов, Л. А. Ильина // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 3. – С. 211–217.

40. Гринюк, Е. С. Гистологическая оценка строения почек африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на фоне применения пробиотической закваски / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян, Д. И. Сафронов // Иппология и ветеринария. – 2023. – № 2 (48). – С. 52–59.

41. Гринюк, Е. С. Морфологические изменения печени *Clarias gariepinus* на фоне применения кормовой добавки / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян // Ветеринарная лабораторная практика: I международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 17–21 апреля 2023 года / – Санкт-Петербург: – Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. – С. 105–108.

42. Гринюк, Е. С. Особенности морфометрических и морфологических изменений развития *Clarias gariepinus* на фоне применения пробиотиков / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Йошкар-Ола,

23-24 марта 2023 г. / Марийский гос. ун-т. – Йошкар-Ола : [МГУ], 2023 а. – Вып. XXV. – С. 648–650.

43. Гринюк, Е. С. Морфологические особенности строения вкусовой почки у африканского клариевого сома / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023 б. – № 4. – С. 170–173.

44. Грозеску, Ю. Н. Биологическая эффективность применения пробиотика Субтилис в составе стартовых комбикормов для осетровых рыб / Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева, Е. А. Шульга // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1 (2). – С. 42–45.

45. Грушко, М. П. Печень как орган биотестирования здоровья ранней молоди рыб / М. П. Грушко, Н. Ю. Терпугова, Н. Н. Федорова // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: материалы XXII Междунар. науч. конф., Грозный, 04-06 нояб. 2020 г. – Махачкала: ИП Овчинников Михаил Артурович, 2020. – С. 48–53.

46. Данилевская, Н. Фармакологические аспекты применения пробиотиков в ветеринарии // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2012. – № 10. – С. 8–14.

47. Денисенко, О. С. Первый опыт выращивания африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) садковым способом в условиях русловых водоемов Краснодарского края // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2013. – № 4. – С. 131–135.

48. Дернаков, В. В. Особенности технологии выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) в связи с неравномерностью его роста // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов РГАУ–МСХА, посвящ. 120-летию академика Н. И. Вавилова: сб. ст. / Рос. гос. аграр. ун-т-МСХА им. К. А. Тимирязева; редкол.: А. В. Голубев [и др.]. – Москва: [Б. и.], 2007. – С. 419–422.

49. Дудикова, Г. Н. Роль пробиотических препаратов в получении экологически безопасной животноводческой продукции в Казахстане / Г. Н. Дудикова, А. В. Чижаева // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 10, Ч. 1. – С. 9–11.

50. Есавкин, Ю. И. Морфофизиологические показатели и рост молоди радужной форели при различных световых режимах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13/ Есавкин Юрий Иванович; [Моск. ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева]. – Москва: [Б. и.], 1980. – 18 с.

51. Жигин, А. В. Пути и методы интенсификации выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ): дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.04 / Жигин Алексей Васильевич; [Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева]. – Москва: [МСХА], 2002. – 331 с.

52. Журавлева, Н. Г. Влияние абиотических и биотических факторов среды на выживаемость эмбрионов и молоди рыб // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2009. – № 2. – С. 338–343.

53. Заварзин, А. А. Основы сравнительной гистологии / А. А. Заварзин. – Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1985. – 400 с.

54. Запруднова, Р. А. Функциональные свойства гемоглобина в адаптации рыб к низким значениям рН среды / Р. А. Запруднова, И. М. Камшилов, Ю. П. Чалов // Биология внутренних вод. – 2015. – № 2. – С. 91–98.

55. Захаров, В. С. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в аквакультуре России / В. С. Захаров, Ю. П. Мамонтов // Рыбоводство. – 2010. – № 1. – С. 48–49.

56. Зиланов, В. К. Рыбное хозяйство Норвегии / В. К. Зиланов, В. М. Борисов, Г. И. Лука. – Москва: Издательство ВНИРО, 2017. – 296 с.: ил.

57. Золотова, А. В. Аллометрический рост некоторых частей тела клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при разной плотности посадки // Научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 125-летию со дня рождения академика Н. И. Вавилова, Москва, 05–06 июня 2012 года: сб. ст. /

Российский государственный аграрный университет [и др.]. – Москва: РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. – С. 52–54.

58. Зуева, М. С. Эффективность применения пробиотиков в кормлении рыб // Водные биоресурсы и аквакультура Юга России: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, Краснодар, 25 мая 2021 г. / Куб. гос. ун-т [и др.]; отв. ред. Г. А. Москул. – Краснодар: КубГУ, 2021. – С. 53–55.

59. Зялалов, Ш. Р. Биологическая роль и особенности строения наджаберного органа африканского клариаса / Ш. Р. Зялалов, И. С. Галушко // В мире научных открытий: материалы Междунар. студенч. науч. конф., Ульяновск, 23–25 мая 2017 г. / Ульянов. гос. аграр. ун-т им. П. А. Столыпина [и др.]. – Ульяновск: УлГАУ, 2017. – С. 15–17.

60. Иванов, А. А. Физиология рыб: учеб. пособие для студентов вузов / А. А. Иванов. – 2-е изд., стер. – Санкт–Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. – 279 с.

61. Игнатьева, Г. М. Ранний эмбриогенез у рыб и амфибий: сравнительный анализ временных закономерностей развития / Г. М. Игнатьева. – Москва: Наука, 1979. – 175 с.

62. Ильмаст, Н. В. Введение в ихтиологию: учеб. пособие / Н. В. Ильмаст. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. – 142 с.

63. Ильяшенко, А. Н. Бациллярные пробиотики в кормлении и содержании гидробионтов. – DOI 10.33284/2658–3135–105–4–165 // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – Т. 105, № 4. – С. 165–180.

64. Использование пробиотических препаратов с иммуномодулирующим действием в кормах для осетровых рыб при садковом выращивании / А. Д. Жандалгарова, А. В. Поляков, А. А. Бахарева, Ю. Н. Грозеску // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 2, № 2 (82). – С. 107–111.

65. Калайда, М. Л. Биологические основы рыбоводства: краткая теория и практикум: учеб. пособие / М. Л. Калайда. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2011. – 224 с. – ISBN: 978–5–906109–13–2.

66. Кауфман, З. С. Эмбриология рыб / З. С. Кауфман. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

67. Клариевый сом – перспективный объект индустриального рыбоводства: монография / В. В. Ярмош, Л. С. Цвирко, Е. В. Таразевич [и др.]. – Пинск: Полесский Государственный университет, 2020. – 203 с. – ISBN 978–985–516–648–2.

68. Ковалев, К. В. Влияние астатичных температурных режимов на рост и развитие клариевого сома при выращивании его в УЗВ // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию Московской рыбоводно-мелиоративной подопытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР, Москва, 11-13 апр. 2005 г. / Всерос. науч.-исслед. Ин-т ирригационного рыбоводства [и др.]; редкол.: Е. Г. Серветник [и др.]. – Москва: [Б. и.], 2005. – Т. 2. – С. 47–53.

69. Ковалев, К. В. Технологические аспекты выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ): дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04, 06.02.01 / Ковалев Константин Викторович; [Рос. гос. аграр. ун-т им. К. А. Тимирязева]. – Москва: [РГАУ], 2006. – 132 с.

70. Козырь, А. В. Влияние аквапонного модуля на содержание азотистых соединений в тепловодных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / А. В. Козырь, Л. С. Цвирко // Вестник Полесского государственного университета. Серия: Природоведческие науки. – 2019. – № 1. – С. 87–94.

71. Кононенко, С. И. Применение пробиотиков в рационах молоди осетровых рыб / С. И. Кононенко, Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 9. – С. 78–81.

72. Кормовая добавка Целлобактерин®–Т с пролонгированным действием / Е. В. Бочкарева, Б. В. Агеев, А. А. Кистина [и др.]. – DOI 10.33845/0033–3239–2020–69–5–6–37–42 // Птицеводство. – 2020. – № 5–6. – С. 37–42.

73. Корнейко, О. В. Аквакультура в России: состояние и проблемы развития / О. В. Корнейко, М. Д. Покорменюк // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6, № 4 (21). – С. 202–204.

74. Костоусов, В. Г. Ихтиология: пособие / В. Г. Костоусов. – Минск: БГУ, 2018. – 183 с.

75. Крючков, В. И. Влияние освещенности на морфофункциональное развитие молоди стерляди *Acipenser ruthenus* / В. И. Крючков, Д. К. Обухов, И. А. Новикова // Вопросы рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 2 (26). – С. 277–288.

76. Кузьмина, В. В. Влияние температуры на активность протеиназ химуса, слизистой оболочки кишечника и энтеральной микробиоты у карпа / В. В. Кузьмина, М. В. Шалыгин, Е. Г. Скворцова // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 3. – С. 52–59.

77. Кузьмина, В. В. Влияние температуры на активность протеиназ энтеральной микробиоты и слизистой оболочки кишечника рыб разных экологических групп / В. В. Кузьмина, М. В. Шалыгин, Е. Г. Скворцова // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2012 а. – Т. 48, № 2. – С. 129–134.

78. Кузьмина, В. В. Влияние температуры, рН и тяжелых металлов на активность протеиназ слизистой оболочки пищеварительного тракта рыб бенто– и планктофагов / В. В. Кузьмина, Н. В. Ушакова // Биология внутренних вод. – 2007. – № 4. – С. 88–96.

79. Кузьмина, В. В. Особенности транспорта нутриентов в пищеварительном тракте рыб / В. В. Кузьмина // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2021. – Т. 57, № 2. – С. 94–102.

80. Кузьмина, В. В. Влияние металлов (цинк, медь) на активность пептидаз пищеварительного тракта рыб. Эффект серотонина и освещенности /

В. В. Кузьмина, Е. А. Куливацкая // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Современные методы исследования состояния поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки: сб. материалов VI Всерос. конф. по водной экотоксикологии, посвящ. 80-летию со дня рождения д. б. н., проф. Б. А. Флерова, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья и школы–семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов, Борок, 14-17 сентября 2017 г. / Рос. акад. наук [и др.]. – Ярославль: Филигрань, 2017. – С. 54–57.

81. Лабенец, А. В. Клариевый сом: удачный выбор для индустриального выращивания / А. В. Лабенец, В. Н. Севрюков // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры: материалы международной научно–практической конференции. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 1999. – С. 32–33.

82. Лукиянов, С. В. Влияние колебаний абиотических факторов (рН, соленость, температура) на рыб в эмбрионально-личиночный период развития : специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук : защищена 30.09.10 / Лукиянов Сергей Владимирович. – Саранск, 2010. – 145 с.

83. Лютиков, А. А. Влияние освещенности на эмбриональное развитие нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (*Salmoniformes: Coregonidae*) / А. А. Лютиков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 146–153.

84. Маилкова, А. В. Особенности морфологии африканского сома *Clarias gariepinus* / А. В. Маилкова, А. И. Никифоров // Естественные и технические науки. – 2006. – № 2. – С. 65–67.

85. Масайло, Т. В. Влияние изменения температурного режима на жизнедеятельность клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / Т. В. Масайло, В. В. Ярмош // Молодёжный аграрный форум – 2018: материалы международной студенческой научной конференции. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет, 2018. – Т. 1. – С. 184.

86. Маслова, Н. И. Влияние температурного режима на эмбриогенез у карповых рыб / Н. И. Маслова, Г. Е. Серветник // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 101–111.

87. Медников, Б. М. Сиговые рыбы: новый механизм репродуктивной изоляции / Б. М. Медников, Е. А. Шубина, М. Н. Мельникова // Журнал общей биологии. – 2000. – Т. 61, № 4. – С. 394–399.

88. Микодина, Е. В. Биологические основы и биотехника аквакультуры африканского сомика *Clarias gariepinus* / Е. В. Микодина, Е. Н. Широкова // Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура. – 1997. – № 2. – С. 1–44.

89. Моисеев, П. А. Ихтиология: учебник для студентов высших учебных заведений / П. А. Моисеев, Н. А. Азизова, И. И. Куранова. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 384 с.

90. Моисеенко, Д. С. Африканский клариевый сом перспективный вид аквакультуры для разведения в местах с ограниченной акваторией / Д. С. Моисеенко // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение: сборник научных трудов международной научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 265–268.

91. Моисеенко, Д. С. Научно–теоретические основы разведения рыб в местах с ограниченной акваторией / Д. С. Моисеенко, В. В. Щербакова, И. И. Усачев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2 (84). – С. 45–50.

92. Морфометрические показатели африканского клариевого сома (*C. gariepinus*) при разведении и выращивании в бассейновой аквакультуре / Т. М. Шленкина, Е. М. Романова, В. Н. Любомирова [и др.] // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы IX Международной научно–практической конференции, посвященной 75-летию Ульяновского государственного аграрного

университета имени П.А. Столыпина. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет, 2018. – С. 176–180.

93. Морфофизиологические адаптации африканского сома к высоким плотностям посадки в УЗВ / В. Н. Любомирова, Е. М. Романова, В. В. Романов, Д. А. Харитонов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (52). – С. 140–147.

94. Наумов, Н. П. Зоология позвоночных. Ч. 1: учебник для биологических специальностей университетов / Н. П. Наумов, Н. Н. Карташов. – Москва: Высшая школа, 1979. – С. 195–196.

95. Нечаева, Т. А. Морфологическая характеристика и воспроизводство клариевого сома / Т. А. Нечаева, Е. Д. Шинкаревич, Н. Б. Рыболова // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно–практической конференции «Развитие агропромышленного комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий». – Санкт–Петербург: Санкт–Петербургский государственный аграрный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 246–249.

96. Никольский, Г. В. Экология рыб: учебное пособие / Г. В. Никольский. – 3-е изд., доп. – Москва: Высшая школа, 1974. – 367 с.

97. Овчинникова, Т. И. Выращивание африканского сома / Т. И. Овчинникова // Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура. – 1992. – № 1. – С. 14–20.

98. Ольшанский, В. М. Эпизодические электрические разряды при социальных взаимоотношениях: пример азиатских клариевых сомов / В. М. Ольшанский, О. А. Солдатова, Нгуен Тхи Нга // Журнал общей биологии. – 2011. – Т. 72, № 3. – С. 198–214.

99. Омельченко, П. И. Микробиоценоз желудочно-кишечного тракта кроликов при использовании кормовой пробиотической добавки «Бацелл-М» / П. И. Омельченко, И. М. Калошкипа, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. – 2017. – № 1. – С. 17–29.

100. Опыт использования комбикормов с различной нормой содержания протеина при выращивании молоди африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установки замкнутого водоснабжения / О. А. Левина, С. В. Пономарев, М. А. Корчунова [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 93–101.

101. Орлов, А. А. Электрические разряды двух видов африканских сомов рода *Auchenoglanis* (*Claroteidae*, *Siluriformes*) / А. А. Орлов, В. Д. Барон, А. С. Голубцов // Доклады Академии наук. – 2015. – Т. 462, № 3. – С. 370.

102. Особенности развития клариевого сома (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) в раннем онтогенезе / Е. Н. Пономарева, У. С. Александрова, Т. С. Гридина, А. А. Кузов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2020. – № 2. – С. 134–141.

103. Оценка влияния кормовой добавки «Правад» и ее компонентов на структуру лейкоцитарной формулы африканского сома / Т. М. Шленкина, Е. М. Романова, Л. А. Шадыева, А. В. Васильев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3 (59). – С. 208–213.

104. Оценка эффективности синбиотического препарата "ПроСтор" в рационе молоди осетровых рыб / Н. А. Ушакова, С. В. Пономарев, В. Г. Правдин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–5. – С. 1174–1177.

105. Патент № 2683511 Российская Федерация, МПК А01К 61/00. Способ искусственного воспроизводства африканского клариевого сома (*C. gariepinus*): № 2018108227: заявл. 06.03.2018: опубл. 28.03.2019 / Е. Д. Шинкаревич, Н. Б. Рыбалова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет». – 6 с.

106. Патент на полезную модель № 194577 U1 Российская Федерация, МПК А01К 61/10. Инкубационная рамка: № 2019114250: заявл. 07.05.2019: опубл. 16.12.2019 / Е. Д. Шинкаревич, Ю. Н. Лушка, М. В. Мосягина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт–Петербургская государственная академия ветеринарной медицины ФГБОУ ВО СПбГАВМ. – 1 с.

107. Патент на полезную модель № 213986 U1 Российская Федерация, МПК G01N 1/28/ Кассета для гистологических исследований предличинок и личинок гидробионтов: № 2022120138: заявл. 21.07.2022: опубл. 06.10.2022 / Е. С. Гринюк, М. Э. Мкртчян, Д. И. Сафронов. [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт–Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». – 6 с.

108. Петрова, М. С. Влияние экологических факторов на распространение и развитие паразитозов у рыб / М. С. Петрова, Э. Н. Таймусова // Актуальные вопросы и пути их решения в ветеринарной медицине и животноводстве: сборник материалов Международной научно–практической конференции, посвященной 90–летию со дня рождения профессора Ю.Ф. Юдичева. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – Т. 1. – С. 71–75.

109. Пирог, А. В. Морфофункциональные особенности печени клариевых сомов / А. В. Пирог, О. В. Ложниченко // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VI Всероссийской научно–практической конференции. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2015. – С. 60–63.

110. Пирог, А. В. Морфофункциональные особенности формирования нервной, пищеварительной и выделительной систем клариевых сомов (*Clariidae*) в раннем онтогенезе / А. В. Пирог, О. В. Ложниченко // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2016. – № 2 (30). – С. 10–13.

111. Пирог, А. В. Особенности развития дыхательной системы клариевых сомов (*Claridae*) на ранних этапах онтогенеза / А. В. Пирог, О. В. Ложниченко // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2017. – № 2 (34). – С. 7–11.

112. Пирог, А. В. Особенности развития пищеварительной системы клариевых сомов (*Clariidae*) на ранних этапах развития / А. В. Пирог, О. В. Ложниченко // Естественные науки. – 2017. – № 2 (59). – С. 53–63.

113. Подушка, С. Б. Выращивание клариевых сомов ради икры / С. Б. Подушка // Континентальная аквакультура: ответ вызовам времени: материалы Всероссийской научно-практической конференции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства Россельхозакадемии, 2016. – С. 250–252.

114. Полиненасыщенные жирные кислоты семейства омега-3 в продукции из дальневосточных рыб / Л. В. Шульгина, Е. В. Якуш, Т. А. Давлетшина [и др.] // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2017. – № 5 (72). – С. 42–45.

115. Пономарева, Е. Н. Особенности развития пищеварительной системы лососевидных рыб в раннем онтогенезе / Е. Н. Пономарева // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2005. – № 3. – С. 133–137.

116. Преимущества использования пробиотиков на основе молочнокислых бактерий в аквакультуре / А. В. Чижаева, Е. А. Олейникова, А. А. Амангелды, А. Ж. Алыбаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 9. – С. 12–16.

117. Привезенцев, Ю. А. Рыбоводство: учебное пособие, учебник для вузов рыбопромыслового флота / Ю. А. Привезенцев, В. А. Власов. – Москва: Мир, 2004. – 456 с.

118. Пробиотики в аквакультуре / Е. А. Котова, Н. А. Пышманцева, Д. В. Осепчук [и др.] // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 3, № 1–1. – С. 100–103.

119. Пробиотики и их применение в аквакультуре / Ж. Б. Текебаева, Г. С. Шахабаева, З. С. Сармурзина [и др.] // Новости науки Казахстана. – 2020. – № 4 (147). – С. 170–185.

120. Прогностические критерии роста и развития африканского клариевого сома в условиях бассейновой аквакультуры / М. Э. Мухитова, В. В. Романов, Е. М. Романова, В. Н. Любомирова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3 (39). – С. 77–78.

121. Пронина, Г. И. Характеристика защитной и дыхательной функций крови сома обыкновенного при его выращивании в прудовых условиях / Г. И. Пронина, А. Б. Петрушин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4(32). – С. 293–296.

122. Ракова, Л. Ю. Особенности выращивания *Clarias geriepinus* и *Acipenser ruthenus* / Л. Ю. Ракова, Д. Ю. Акимов, Е. В. Любомиров // Молодежь и наука XXI века: материалы Международной научной конференции – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2017. – С. 114–117.

123. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июля 2016 года №1463–р // Правительство Российской Федерации: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru/docs/23786/> (дата обращения: 25.04.2023). – Текст: электронный.

124. Романова, Е. М. Адаптивная реакция тканей желудка африканского сома на микробиоту с пробиотическими свойствами / Е. М. Романова, Е. В. Спирина, В. Н. Любомирова // Вестник Ульяновской

государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1 (53). – С. 117–123.

125. Романова, Е. М. Биологический контроль фертильности самок клариевого сома в бассейновой аквакультуре / Е. М. Романова, В. Н. Любомирова, М. Э. Мухитова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3 (35). – С. 78–84.

126. Ручин, А. Б. Влияние цвета освещения на состав белков крови молоди сибирского осетра *Acipenser baerii* / А. Б. Ручин, А. А. Дудко // Вестник Мордовского университета. – 2008. – Т. 18, № 2. – С. 92–95.

127. Рыбохозяйственный комплекс. Итоги 2021 года // Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области [сайт]. – Ленинградская область, 2021. – URL: <https://agroprom.lenobl.ru/ru/o-komitete/napravleniya-deyatelnosti/rybohozyajstvennyj-kompleks/rybohozyajstvennyj-kompleks-itogi-2021-goda/> (дата обращения: 13.03.2023). – Текст: электронный.

128. Салмова, Н. А. Морфологическое строение печени и поджелудочной железы молоди трески (*Gadus morthua* L.) в условиях искусственного выращивания / Н. А. Салмова, Н. Г. Журавлева // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2012. – Т. 15, № 3. – С. 551–558.

129. Семенов, С. Н. Ветеринарно-санитарные показатели сома африканского на фоне использования биологически активной кормовой добавки / С. Н. Семенов, А. А. Подлесных, Л. В. Бунеева // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 01 марта – 28 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – 2023а. – С. 243–247.

130. Сравнительная характеристика роста сомообразных рыб *Silurus glanis* и *Clarias gariepinus* / Д. В. Артеменков, Г. И. Пронина, А. Б. Петрушин,

Г. А. Волошин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2017. – № 2 (134). – С. 14–19.

131. Структурно–функциональная характеристика звездчатых клеток печени в динамике фиброза / О. А. Постникова, Д. Л. Непомнящих, С. В. Айдагулова [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 10–2. – С. 359–362.

132. Суликов, Р. Х. Морфометрические показатели клариевого сома, выращенного в бассейновой аквакультуре / Р. Х. Суликов, А. К. Шленкин // В мире научных открытий: материалы II Международной студенческой научной конференции. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2018. – С. 73–75.

133. Темп роста клариевого сома в узв в условиях Калининградской области / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, К. А. Молчанова, Л. В. Савина // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 2. – С. 91–99.

134. Терпугова, Н. Ю. Особенности формирования жабр у молоди воблы на нерестилищах дельты Волги / Н. Ю. Терпугова, М. П. Грушко, Н. Н. Федорова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 66–71.

135. Технологические аспекты выращивания африканского сома *Clarias gariepinus* в условиях замкнутого цикла водообеспечения / В. И. Филатов, Е. А. Мельченков, В. В. Приз, В. А. Слепнев // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 88–91.

136. Технология жиров из водных биологических ресурсов: монография / Н. П. Боева, О. В. Бредихина, М. С. Петрова, Ю. А. Баскакова. – Москва: Всероссийский научно–исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2016. – 107 с. – ISBN 978–5–85382–475–1.

137. Томеди, Э. М. Африканский сом / Э. М. Томеди, А. М. Тихомиров // Рыбоводство и рыболовство. – 2000. – № 4. – С. 14.

138. Тренклер, И. В. Основные направления развития мировой товарной аквакультуры / И. В. Тренклер, Е. И. Шишанова // Новейшие генетические технологии для аквакультуры: материалы Всероссийской научно–практической конференции с международным участием. – Москва: Перо, 2020. – С. 416–436.

139. Уголев, А. М. Мембранное пищеварение: Полисубстратные процессы, организация и регуляция / А. М. Уголев. – Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1972. – 358 с.

140. Уголев, А. М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб / А. М. Уголев, В. В. Кузьмина. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. – 283 с.

141. Уровень кортизола и показателей цитогенетического гомеостаза в организме рыб на фоне пробиотика споротермина / Е. М. Романова, Е. В. Спирина, В. В. Романов, Л. А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1 (49). – С. 79–84.

142. Усов, М. М. Рыбоводно-биологические параметры подращивания личинки семейств щуковые (*Esocidae*), сомовые (*Siluridae*) с использованием отечественных комбикормов: специальность 06.04.01 «Рыбное хозяйство и аквакультура»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Усов Михаил Михайлович; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2013. – 20 с.

143. Фатталахи, М. Рост африканского сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установки с замкнутым водоснабжением (УЗВ) / М. Фатталахи, В. А. Власов // Проблемы аквакультуры: межведомственный сборник научных и научно-методических трудов: материалы международных научно-практических конференций по аквариологии. – Москва: Аква Лого, 2005. – С. 21–25.

144. Химический анализ воды из бассейнов УЗВ с разными видами рыб / А. Г. Полянских, И. Д. Волобуев, Е. С. Кузьмина, Т. П. Луцко // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской (национальной) научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, 2020. – Т. 2. – С. 221–224.

145. Хрусталева, Е. И. Оценка ростовой потенции канального и клариевого сомов, обосновывающая полициклические технологии выращивания / Е. И. Хрусталева // Рыбное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 65–68.

146. Цитогенетическая стабильность эритроцитов крови карпа обыкновенного при использовании пробиотика «Целлобактерин® - т» / Е. В. Михайлов, Г. А. Востроилова, Д. И. Шабанов [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2022. – № 2 (19). – С. 93–102.

147. Чебасов, Л. В. Африканский сом клариас на приусадебных участках / Л. В. Чебасов, С. Б. Подушка // Рыбоводство и рыболовство. – 2001. – № 2. – С. 40.

148. Шашкова, А. С. Особенности африканского клариевого сома / А. С. Шашкова // В мире научных открытий: материалы III Международной студенческой научной конференции. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2019. – Ч. 2. – С. 209–211.

149. Шинкаревич, Е. Д. Влияние гидрохимических показателей воды на темпы роста африканского клариевого сома на ранних стадиях развития / Е. Д. Шинкаревич // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2018. – С. 115–117.

150. Шинкаревич, Е. Д. Воспроизводство клариевого сома при выращивании в установке замкнутого водоснабжения / Е. Д. Шинкаревич, Н. Б. Рыболова, Т. А. Нечаева // Материалы национальной научной конференции

профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2018. – С. 117–119.

151. Шинкаревич, Е. Д. Искусственное получение икры от африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / Е. Д. Шинкаревич // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно–практической конференции, посвящается 115-летию Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2019. – Ч. 1. – С. 293–296.

152. Шинкаревич, Е. Д. Морфологическая характеристика африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при выращивании в УЗВ / Е. Д. Шинкаревич // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов по материалам международной научно–практической конференции – Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2020. – Ч. 1. – С. 267–270.

153. Шленкина, Т. М. Влияние пробиотиков на лейкограмму африканского клариевого сома в условиях индустриальной аквакультуры / Т. М. Шленкина, Е. М. Романова, М. Э. Мухитова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4 (44). – С. 222–228.

154. Шумак, В. В. Выращивание клариевого сома за счет использования потерь тепловой энергии сбросных вод ГРЭС / В. В. Шумак // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2015. – № 2. – С. 57–63.

155. Юхименко, Л. Н. Бактериальные болезни рыб и методы их профилактики / Л. Н. Юхименко, С. Б. Токарева // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сборник научных трудов. – Астрахань: ИП Сорокин Роман Васильевич, 2022. – С. 152–162.

156. Юхименко, Л. Н. Испытания лечебного комбикорма с субалином в рыбхозах Московской области / Л. Н. Юхименко, Л. И. Бычкова // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 96–98.
157. Явников, Н. В. Опыт применения функциональных кормов с пробиотическими культурами при выращивании карпа / Н. В. Явников // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2020. – № 3 (60). – С. 86–92.
158. Ярмош, В. В. Методика морфометрических исследований рыбохозяйственных показателей клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В. В. Ярмош, А. В. Козырь // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2022. – № 2. – С. 74–81.
159. Adewolu, M. A. Feed utilization, growth and survival of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings cultured under different photoperiods / M. A. Adewolu, C. A. Adeniji, A. B. Adejobi // Aquaculture. – 2008. – Vol. 283, № 1/4. – P. 64–67.
160. Al-Dohail, M. A. Effects of the probiotic, *Lactobacillus acidophilus*, on the growth performance, haematology parameters and immunoglobulin concentration in African catfish / M. A. Al-Dohail, R. Hashim, M. Aliyu-Paiko // Aquaculture Research. – 2009. – Vol. 40. – P. 1642–1652.
161. Appelbaum, S. Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) early stages under different light conditions / S. Appelbaum, E. Kamler // Aquacultural Engineering. – 2000. – Vol. 22. – P. 269–287.
162. Arellano, J. M. Histological and histochemical observations in the stomach of the Senegal sole, *Solea senegalensis* / J. M. Arellano, V. Storch, C. Sarasquete // Histology and histopathology. 2001. – Vol. 16 (2). – P. 511–521.
163. Assessment of water quality in Asa River (Nigeria) and its indigenous *Clarias gariepinus* fish / O. M. Kolawole, K. T. Ajayi, A. B. Olayemi, A. I. Okoh // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2011. – Vol. 8 (11). – P. 4332–4352.

164. Avella, M. Fish gill respiratory cells in culture: a new model for Cl⁻-secreting epithelia / M. Avella, J. Ehrenfeld // *The Journal of membrane biology*. – 1997. – Vol. 156. – P. 87–97.
165. Awaad, A. S. Comparative histomorphological and histochemical studies on the oesophagus of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and African catfish *Clarias gariepinus* / A. S. Awaad, U. K. Moawad, M. G. Tawfiek. // *Journal of Histology*. – 2014. – Vol. 2014 (1). – P. 1–10.
166. Ballard, W. W. Morphogenetic movement in *Salmo gairdneri* Richardson / W. W. Ballard // *Journal of Experimental Zoology*. – 1973. – Vol. 184, № 1. – P. 27–48.
167. Baron, V. D. Electric organ discharges of two species of African catfish (*Synodontis*) during social behavior / V. D. Baron, K. S. Morshnev, V. M. Olshansky, A. A. Orlov // *Animal Behaviour*. – 1994. – Vol. 48. – P. 1472–1475.
168. Bell, M. V. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in aquatic ecosystems: general pathways and new directions / M. V. Bell, D. R. Tocher. – New York: Springer, 2009. – P. 211–236.
169. Bernardi, G. *New comprehensive biochemistry* / G. Bernardi. – Amsterdam: Elsevier, 1996. – Vol. 31. – P. 141–152.
170. Biology of reproduction of catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) in high-tech industrial aquaculture / E. M. Romanova, V. N. Lyubomirova, V. V. Romanov [et al.] // *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. – 2018. – Vol. 10, № 5S. – P. 1116–1129.
171. Bovendeur, J. Design and performance of a water recirculation system for high-density culture of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) / J. Bovendeur, E. H. Eding, A. M. Henken // *Aquaculture*. – 1987. – Vol. 63. – P. 329–353.
172. Cahill, M. M. Bacterial flora of fishes: a review / M. M. Cahill // *Microbial ecology*. – 1990. – Vol. 19 (1). – P. 21–41.

173. Calder, P. C. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: New twists in an old tale / P. C. Calder // *Biochimie*. – 2009. – Vol. 91, № 6. – P. 791–795.
174. Clauss, M. T. Hematologic disorders of fish / M. T. Clauss, A. D. M. Dove, J. E. Arnold // *The veterinary clinics of North America. Exotic animal practice*. – 2008. – Vol. 11 (3). – P. 445–462.
175. Clements, K. D. Fermentation and gastrointestinal microorganisms in fishes. *Gastrointestinal ecosystems and fermentations* / K. D. Clements. – Boston: Springer, 1997. – P. 156–198.
176. Das, S. Prospects of using marine actinobacteria as probiotics in aquaculture / S. Das, L. R. Ward, C. Burke // *Applied microbiology and biotechnology*. – 2008. – Vol. 81, № 3. – P. 419–429.
177. Deschrijver, R. Protein digestion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) and effects of dietary administration of *Vibrio proteolyticus* / R. Deschrijver, F. Ollevier // *Aquaculture*. – 2000. – Vol. 186. – P. 107–116.
178. Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, body composition and hematological parameters of juvenile beluga, *Husohuso* (Linnaeus, 1758) / R. Akrami, A. Hajimoradloo, A. Matinfar, A. Abedian Kenari // *Journal of the world aquaculture society*. – 2009. – Vol. 40, № 6. – P. 771–779.
179. Effect of pH on the growth performance and survival rate of *Clarias gariepinus* fry / C. N. Uzoka, J. Anyanwu, C. Uche [et al.] // *International Journal of Research in Biosciences*. – 2015. – Vol. 4, № 3. – P. 14–20.
180. Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic to Indian major carp *Labeo rohita* (Ham.) / R. Kumar, S. C. Mukherjee, K. P. Prasad, A. K. Pal // *Aquatic Resources*. – 2006. – № 37. – P. 1215–1221.
181. Fuller, R. Probiotics in man and animals / R. Fuller // *The Journal of applied bacteriology*. – 1989. – № 66 (5). – P. 365–378.
182. Genten, F. Atlas of fish histology / F. Genten, E. Terwinghe, A. Danguy. – Enfield: Science Publishers, 2009. – 215 p.

183. Genus bacillus, promising probiotics in aquaculture aquatic animal origin, bio-active components, bioremediation and efficacy in fish and shell fish / M. Soltani, A. J. Lymbery, K. Ghosh [et al.] // *Reviews in fisheries science and aquaculture*. – 2019 – Vol. 27, № 3. – P. 331–379.
184. Hai, N. V. The use of probiotics in aquaculture / N. V. Hai // *Journal of applied microbiology*. – 2015. – Vol. 119, № 4. – P. 917–935.
185. Hiroi, J. In vivo sequential changes in chloride cell morphology in the yolk-sac membrane of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) embryos and larvae during seawater adaptation / J. Hiroi, T. Kaneko, M. Tanaka // *The Journal of experimental biology*. – 1999. – Vol. 202. – P. 3485–3495.
186. Ibrahim, M. D. Evolution of probiotics in aquatic world: Potential effects, the current status in Egypt and recent prospectives / M. D. Ibrahim // *Journal of Advanced Research*. – 2015. – Vol. 6, № 6. – P. 765–791.
187. Katoh, F. Short term transformation and long-term replacement of branchial chloride cells in killifish transferred from seawater to freshwater, revealed by morphofunctional observations and a newly established «time-differential double fluorescent staining» technique / F. Katoh, T. Kaneko // *The Journal of experimental biology*. – 2003. – Vol. 206. – P. 4113–4123.
188. Kuebutornye, F. K. A. A review on the application of Bacillus as probiotics in aquaculture / F. K. A. Kuebutornye, E. D. Abarike, Y. Lu // *Fish and shellfish immunology*. – 2019. – Vol. 87. – P. 820–828.
189. Lissmann, H. W. Electric receptors in a non-electric fish (*Clarias*) / H. W. Lissmann, K. E. Machin // *Nature*. – 1963. – Vol. 199. – P. 88–89.
190. Marimuthu, K. Effect of different water pH on hatching and survival rates of African catfish *Clarias gariepinus* (Pisces: *Clariidae*) / K. Marimuthu, H. Palaniandya, Z. A. Muchlisin // *Aceh Journal of Animal Science*. – 2019. – Vol. 4(2). – P. 80–88.
191. Moawad, U. K. Histomorphological, histochemical, and ultrastructural studies on the stomach of the adult African catfish (*Clarias gariepinus*) / U. K.

Moawad, A. S. Awaad, M. G. Tawfiek // Journal of microscopy and ultrastructure. – 2017. – Vol. 5 (3). – P. 155–166.

192. Osman, A. H. K. Histology of the stomach of *Tilapia nilotica* (Linnaeus, 1758) from the River Nile / A. H. K. Osman, T. Caceci // Journal of Fish Biology. – 1991. – Vol. 38, № 2. – P. 211–23.

193. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review / M. J. Zorriehzahra, M. Adel, S. T. Delshad [et al.] // The veterinary quarterly. – 2016. – Vol. 36, № 4. – P. 228–241.

194. Reis, L. C. Cultural symbolism of fish and the psychotropic properties of omega-3 fatty acids / L. C. Reis, J. R. Hibbeln // Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. – 2006. – Vol. 75. – P. 227–236.

195. Ringo, E. Lactic acid bacteria in fish: a review / E. Ringo, F. J. Gatesoupe // Aquaculture. – 1998. – Vol. 160, № 3–4. – P. 177–203.

196. Romanova, E. Effects of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* on catfish in industrial aquaculture / E. Romanova, E. Spirina, V. Romanov [et al.] / E3S Web of Conferences: materials of XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness». – DOI 10.1/e3sconf/202017502013. – 2020. – Vol. 175. – P. 1–10.

197. SanGiovanni, J. P. The role of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina / J. P. SanGiovanni, E. Y. Chew // Progress in Retinal and Eye Research. – 2005. – Vol. 24, № 1. – P. 87–138.

198. Seasonal studies of caviar production and the growth rate of the african catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) / E. M. Romanova, V. N. Lyubomirova, V. V. Romanov [et al.] // The Egyptian Journal of Aquatic Research. – 2018. – Vol. 44, № 4. – P. 315–319.

199. Spatial relationships of the intra hepatic vascular-biliary tracts and associated pancreatic acini of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (*Teleostei, Cichlidae*): a serial section study by light microscopy. / A. M. Figueiredo-Fernandes, A. A. Fontainhas-Fernandes, R. A. Monteiro [et al.] // Annals of anatomy. – 2007. – Vol. 189. – P. 17–30.

200. The Stomach of the Adult African Catfish (*Clarias gariepinus*, *Siluriformes: Clariidae*) in Farm Conditions: A Morphological and Mucin Histochemistry Analysis. / I. Ekele, U. Nlebedum, N. Okechukwu, I. Agbakwuru // *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. – 2014. – Vol. 55, № 1. – P. 4–10.
201. Trinkaus, J. P. Locomotion of Fundulus Deep Cells during Gastrulation / J. P. Trinkaus, C. A. Erickson // *Integrative and Comparative Biology*. – 1981. – Vol. 21, № 2. – P. 401–411.
202. Wall, R. Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids / R. Wall, R. P. Ross, G. F. Fitzgerald, C. Stanton // *Nutrition Reviews*. – 2010. – Vol. 68, № 5. – P. 280–289.
203. Yamagami, K. Mechanisms of Hatching in Fish: Secretion of Hatching Enzyme and Enzymatic Choriolysis / K. Yamagami // *American Zoologist*. – 1981. – Vol. 21, № 2. – P. 459–471.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11)**213 986**⁽¹³⁾ **U1**(51) МПК
G01N 1/28 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 1/2806 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022120138, 21.07.2022

(24) Дата начала отчета срока действия патента:
21.07.2022Дата регистрации:
06.10.2022Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 21.07.2022

(45) Опубликовано: 06.10.2022 Бюл. № 28

Адрес для переписки:
195043, Санкт-Петербург, тер. СНТ "Педиатр",
ул. 3-я линия, 10, стр. 1, Мкртчян М.Э.

(72) Автор(ы):

Гринюк Екатерина Сергеевна (RU),
Мкртчян Маня Эдуардовна (RU),
Сафронов Данил Игнатьевич (RU),
Сладкова Надежда Анатольевна (RU),
Петрова Марина Сергеевна (RU),
Таймусова Эльмира Няимовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет ветеринарной
медицины" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2769506 C2, 01.04.2022. RU 108276
U1, 20.09.2011. SU 1446147 A1, 23.12.1988. US
20210138476 A1, 13.05.2021. US 20200363407 A1,
19.11.2020.

(54) Кассета для гистологических исследований предличинок и личинок гидробионтов

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области ветеринарии и может найти применение при проведении гистологических исследований, а именно на этапах дегидратации и парафинизации при получении гистологического материала.

Технический результат - обеспечение необходимого расположения личинок при проведении дегидратации и парафинизации для изготовления гистологических препаратов. Это позволит получить четкие продольные и поперечные срезы и изучить гистологические

особенности органов и тканей в ранний период онтогенеза.

Гистологическая кассета состоит из перфорированного основания, в котором располагаются 6 лунок для расположения предличинок и личинок, имеется вырост без перфорации для маркировки кассет, плотно прилегающей перфорированной крышки, которая обеспечивает надежную фиксацию предличинок и личинок к основанию.

RU 213986 U1

RU 213986 U1

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Бюро экологической экспертизы,
агротехнологий и микробиологии
при ФБГОУ ВПО СПбГАУ»
(198320, Санкт-Петербург, г. Красное Село,
ул. Свободы, дом 48, лит А, оф. 27)

Кандидат с/х наук



Шинкаревич Е. Д.

АКТ

Результаты диссертационного исследования Гринюк Екатерины Сергеевны о влиянии биотических и абиотических факторов на ранние периоды онтогенеза *Clarias gariepinus*, показали положительное влияние на процент выживаемости, скорость роста и живую массу рыб, подтверждены морфологическими данными, внедрены и используются на предприятии.

«25» мая 2023 г.



Исх. № 01/07-22 от «01» июля 2022 г.

по месту требования

СПРАВКА

Настоящим удостоверяем, что в период с декабря 2020 по июнь 2022 гг аспирант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» Гринюк Екатерина Сергеевна проводила научные исследования по изучению влияния абиотических и биотических факторов на ранние периоды онтогенеза африканского клариевого сома, результаты которых внедрены в производство.

С уважением,
Генеральный директор
кандидат с/х наук



Шинкаревич Е. Д.

Тел: 8-960-270-48-70, 8-921-182-20-71

E-mail: somoffish@yandex.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Врио проректора по учебно-методической работе

ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА

/Тимофеева А. Л./

2023 г.



СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс кафедры биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия», результатов исследования Гринюк Екатерины Сергеевны на тему: «Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов»

Результаты диссертационных исследований Гринюк Екатерины Сергеевны на тему: «Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов» внедрены в учебный процесс кафедры биотехнологии и ветеринарной медицины факультета технологий животноводства и ветеринарной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия».

Справка выдана для представления в совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 35.2.034.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук по специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология токсикология (ветеринарные науки) о том, что научные положения кандидатской диссертации Гринюк Е. С. используются в научно-исследовательской работе, а также при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий на кафедре биотехнологии и ветеринарной медицины для обучающихся факультета технологий животноводства и ветеринарной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия».

Заведующая кафедрой биотехнологии и ветеринарной медицины
ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»,
кандидат биологических наук, доцент

Бычкова Татьяна Корнеевна

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по образовательной
деятельности и молодежной
политике ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный аграрный
университет», доктор с/х наук,
профессор С.Л. Воробьева



« 14 » 09 2023 г.

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс кафедры анатомии и физиологии факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» результатов исследования Гринюк Екатерины Сергеевны на тему: «Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов»

Результаты диссертационных исследований Гринюк Екатерины Сергеевны на тему: «Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов» внедрены в учебный процесс на кафедре анатомии и физиологии факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет».

Справка выдана для представления в совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 35.2.034.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук по специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология токсикология (ветеринарные науки) о том, что научные положения кандидатской диссертации Гринюк Е. С. используются в научно-исследовательской работе, а также при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий на кафедре анатомии и физиологии, для обучающихся факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет».

Заведующий кафедрой анатомии
и физиологии ФГБОУ ВО
«Удмуртский государственный
аграрный университет»,
кандидат биологических наук, доцент

Берестов Дмитрий Сергеевич

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет
ветеринарной медицины»

_____/Никитин Г.С./
«19» _____ 2023 г.

СПРАВКА

**о внедрении в учебный процесс кафедры биологии, экологии и гистологии
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины», результатов исследования
Гринюк Екатерины Сергеевны на тему:
«Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических
факторов»**

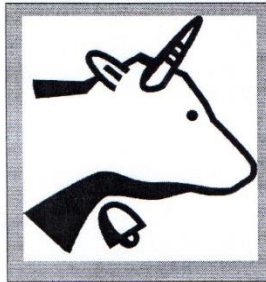
Результаты диссертационных исследований Гринюк Екатерины Сергеевны на тему: «Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов» внедрены в учебный процесс кафедры биологии, экологии и гистологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Справка выдана для представления в совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 35.2.034.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук по специальности 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология токсикология (ветеринарные науки) о том, что научные положения кандидатской диссертации Гринюк Е. С. используются в научно-исследовательской работе, а также при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий на кафедре биологии, экологии и гистологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

Доцент, доктор ветеринарных наук,
заведующий кафедрой биологии,
экологии и гистологии
ФГБОУ ВО «СПбГУВМ»



Мкртчян М. Э.



Общество с ограниченной ответственностью

«БИОТРОФ»

196602 г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д. 8
лит. А, пом. 7-Н

Почтовый адрес: 196655, Санкт-Петербург, а/я 62

ИНН 7811080338/КПП 782001001 ОГРН 1027806061084

ОКПО 50932298 ОКВЭД 72.19 10.91

Р/сч. 40702810855100147418 в

Северо-Западном банке ПАО Сбербанк, г. Санкт-Петербург,

К/сч. 30101810500000000653 БИК 044030653

www.biotrof.ru e-mail: biotrof@biotrof.ru

тел./факс (812) 322-85-50; тел. (812) 448-08-68

Иск № 140 от 13.12.2023г.

СПРАВКА

ООО «БИОТРОФ» не возражает против использования Гринюк Екатериной Сергеевной в диссертационной работе на тему «Гистогенез *Clarias gariepinus* при воздействии биотических и абиотических факторов» на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук, материалов отчета по теме: «Изучение бактериальных сообществ в образцах кишечника *Clarias gariepinus* методом количественного PCR» при условии упоминания в диссертационной работе о выполнении данной части исследования в молекулярно-генетической лаборатории компании ООО «БИОТРОФ».

Научный руководитель темы,
начальник молекулярно-генетической лаборатории,
доктор биологических наук, профессор



Ильина Л. А.

Дата:

13.12.2023

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«БИОТРОФ»

Утверждаю:

Директор ООО «БИОТРОФ»

Г. Ю. Лаптев

2023 г.



ОТЧЕТ


**по теме: «Изучение бактериальных сообществ
в образцах кишечника *Clarias gariepinus* методом количественного PCR»**

Материалы отчета не могут
быть полностью или частично
воспроизведены без письменного
разрешения ООО «БИОТРОФ».
© ООО «Биотроф», 2023 г.

Санкт-Петербург, 2023 г.

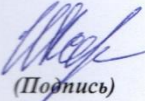
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Ильина Л. А.
начальник молекулярно-генетической
лаборатории


(Подпись)


- Руководитель

Калиткина К. А.
биотехнолог молекулярно-генетической
лаборатории


(Подпись)

- Ответственный
исполнитель

Дубровина А. С.
биотехнолог молекулярно-генетической
лаборатории


(Подпись)

- Исполнитель

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В молекулярно-генетическую лабораторию ООО «БИОТРОФ» от Гринюк Екатерины Сергеевны (ФГБОУ ВО СПбГУВМ) поступили образцы содержимого кишечника рыб *Clarias gariepinus* (в 3-х повторностях) в возрасте 30 и 60 дней для анализа микробного сообщества методом количественной ПЦР.

Описание проб:

1. контрольная группа;
2. 1 группа (*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*);
3. 2 группа (*Bifidobacterium bifidum*);
4. 3 группа (*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*+*Bifidobacterium lactis*).

Таблица 1. Содержание некоторых групп микроорганизмов в пробах *Clarias gariepinus* на 30-й день после выклева (клеток/г)

№ пробы	Контроль			1 группа			2 группа			3 группа		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нормофлора												
Бактероиды родов <i>Prevotella</i> spp. и <i>Porphyromonas</i> spp.	$6,3 \times 10^5$	$2,0 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$	$6,3 \times 10^5$	$7,9 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	$6,3 \times 10^5$	$7,9 \times 10^5$	$5,0 \times 10^7$	$7,9 \times 10^5$
Зубактерии рода <i>Eubacterium</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$1,6 \times 10^3$	-
Клостридии родов <i>Lachnobacterium</i> spp., <i>Clostridium</i> spp.	$4,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
Лактобациллы рода <i>Lactobacillus</i> spp.	<п.д.о.*	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	$1,6 \times 10^3$

*<п.д.о. - ниже предела достоверного обнаружения

Таблица 2. Содержание некоторых групп микроорганизмов в пробах *Clarias gariepinus* на 60-й день после выклева (клеток/г)

№ пробы	Контроль			1 группа			2 группа			3 группа		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нормофлора												
Бактериоды родов <i>Pseudotella</i> spp. и <i>Porphyromonas</i> spp.	$6,3 \times 10^3$	$6,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$7,9 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	$6,3 \times 10^3$	$3,2 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$
Зубактерии рода <i>Eubacterium</i> spp.	<п.д.о.	<п.д.о.	$1,3 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	<п.д.о.	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$
Клостридии родов <i>Lachnobacterium</i> spp., <i>Clostridium</i> spp.	$1,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$7,9 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$
Лактобациллы рода <i>Lactobacillus</i> spp.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.
Лактаг-утилизирующие бактерии: роды <i>Megasphaera</i> spp., <i>Veillonella</i> spp., <i>Dialister</i> spp.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.	<п.д.о.

* <п.д.о. - ниже предела достоверного обнаружения

ПРИЛОЖЕНИЕ

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА qPCR

Метод qPCR (ПЦР в реальном времени) используется для количественного анализа содержания конкретного микроорганизма, группы микроорганизмов или общего числа всех бактерий в пробах.

Принцип метода ПЦР в реальном времени основан на использовании процесса амплификации ДНК, заключающемся в повторяющихся циклах: температурной денатурации ДНК, отжиге праймеров с комплементарными



последовательностями и последующей достройкой полинуклеотидных цепей с этих праймеров термостабильной ДНК-полимеразой (см. рис.):

Для проведения ПЦР в реальном времени использовали амплификатор детектирующий ДТ Lite-4 (ООО «НПО ДНК-Технология»).

Анализ осуществляли с использованием набора реагентов Фемофлор-16. Набор включает внутренний контрольный образец, предназначенный для оценки эффективности протекания ПЦР реакции. Для повышения чувствительности и специфичности реакции предусмотрено применение «горячего» старта, который обеспечивается особым составом реакционной смеси, включающей два слоя, разделённых прослойкой из парафина. Смешение слоёв и превращение их в амплификационную смесь происходит только после плавления парафина, что исключает неспецифический отжиг праймеров на ДНК-мишени при начальном прогреве пробирки. В реакционную смесь для проведения ПЦР введены ДНК-зонды, каждый из которых несёт флуоресцентную метку и гаситель флуоресценции. При образовании специфичного продукта ДНК-зонд разрушается, действие гасителя на флуоресцентную метку прекращается, что ведёт к возрастанию уровня флуоресценции. Количество разрушенных зондов возрастает пропорционально количеству образовавшихся специфических ампликонов и измеряется на каждом цикле амплификации. В состав ДНК-зондов, используемых для детекции продуктов амплификации фрагментов геномов, определяемых микроорганизмов, включена флуоресцентная метка Fam.

После прохождения ПЦР-амплификации в реальном времени на основании «стандартов» с известной концентрацией геномов программно рассчитывается общее количество всех бактерий, а также количество микроорганизмов, входящих в отдельные группы.

В документе прошито, пронумеровано
() лист(а, ов)
Директор Лагуз Г.Ю.

