

DOI:
MPHTI 69.25.18

З.О. Оралова*, Б.С. Ахметова

* НАО «Шәкәрім университет» 071412, Казахстан, ул. Глинки 20 А

*e-mail: z.oralova@shakarim.kz

ИЗУЧЕНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ И РАЗВИТИЯ КАРПОВЫХ РЫБ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: В данной статье представлены результаты исследования особенностей выращивания карповых рыб в условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) и факторов, влияющих на их рост, развитие и адаптацию.

Для изучения были проанализированы температурный режим воды, гидрохимические показатели (содержание растворённого кислорода, аммиака, нитритов и нитратов, уровень pH), динамика роста на различных этапах онтогенеза, а также влияние различных типов кормов на продуктивность и коэффициент кормовой конверсии. Кроме того, проведена оценка адаптационных возможностей карпа к условиям замкнутой системы по физиологическим и поведенческим показателям.

Результаты исследования позволили выявить, что оптимальный температурный диапазон для интенсивного роста карпа составляет 22–26°C, при котором достигаются максимальные показатели среднесуточного прироста массы. Установлено, что поддержание стабильных гидрохимических параметров (O_2 — 6–8 мг/л, NH_3 < 0,02 мг/л, NO_2^- < 0,1 мг/л, NO_3^- < 50 мг/л) обеспечивает высокую выживаемость и продуктивность. Определено, что наиболее интенсивный рост наблюдается в возрасте 4–6 месяцев, а наиболее эффективным коммерческим кормом является экструдированный с содержанием белка 35% (FCR 1,2). Также установлено, что адаптация к условиям УЗВ завершается в течение 2–4 недель.

Полученные данные могут быть использованы при разработке технологических регламентов выращивания карпа в установках замкнутого водоснабжения, для оптимизации температурного и гидрохимического режимов, совершенствования систем кормления, а также в научных исследованиях в области аквакультуры.

Ключевые слова: карп, установки замкнутого водоснабжения, аквакультура, температурный режим, гидрохимические показатели, рост и развитие, кормовая конверсия, экструдированный корм, адаптация.

Введение

Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ, RAS — recirculating aquaculture systems) рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений интенсивного рыбоводства благодаря возможности круглогодичного производства, экономии воды, управляемости гидрохимических параметров и повышению биобезопасности. В технологическом контуре УЗВ вода многократно используется после механической и биологической очистки, что позволяет снижать водозабор и нагрузку на водные экосистемы при сохранении стабильных условий выращивания рыбы [1].

Начиная с середины XX века использование установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) в промышленном рыбоводстве – самая перспективная мировая тенденция. При выращивании в УЗВ все параметры технологического процесса (кондиционирование воды, кормление, контроль и т. п.) совершаются при помощи автоматизированных устройств, а влияние природных факторов на ход технологического процесса становится минимальным [2].

Для Республики Казахстан развитие рыбного хозяйства и индустриальных форм выращивания является стратегически значимым: принята государственная Программа развития рыбного хозяйства на 2021–2030 годы, предусматривающая меры по расширению производства и внедрению современных технологий, включая индустриальные хозяйства [3]. Нормативно-правовую основу отрасли дополняет Закон РК «Об аквакультуре» (12 июня 2025 г.), закрепляющий ключевые понятия и направления регулирования аквакультуры, что усиливает актуальность прикладных исследований по технологиям выращивания рыбы, включая системы замкнутого водообеспечения [4].

Объектом исследования являются *карповые рыбы (Cyprinidae*, в первую очередь *Cyprinus carpio* — карп), которые традиционно занимают важное место в товарной аквакультуре стран СНГ и Казахстана за счёт высокой пластичности к условиям среды, устойчивости к колебаниям факторов и экономической целесообразности выращивания. В казахстанских и региональных публикациях подчёркивается практическая значимость отработки биотехнологических приёмов получения и подращивания молоди карповых, а также необходимость совершенствования воспроизводства и выращивания посадочного материала в контролируемых условиях [5, 6]. В условиях индустриализации рыбоводства особое значение приобретает адаптация технологических схем выращивания карпа (кормление, плотности посадки, водообмен и очистка, профилактика заболеваний) именно для УЗВ, поскольку отклонения параметров среды в замкнутых системах быстро отражаются на росте, выживаемости и физиологическом состоянии рыб [7].

Зарубежные руководства и научные обзоры отмечают, что успешность УЗВ определяется инженерно-биологическим балансом: качеством удаления взвеси, эффективностью биофильтрации, управлением азотистым циклом, кислородным режимом и режимом кормления, а также корректным подбором плотности посадки и гидродинамики бассейнов [1, 8]. Современные исследования на карпе демонстрируют, что условия культивирования (тип системы, режимы потока/нагрузки, кормовые стратегии) способны заметно влиять не только на темпы роста, но и на качественные показатели продукции (в том числе характеристики мышечной ткани) [9]. Отдельное направление работ связано с экономической устойчивостью интенсивного выращивания карпа в УЗВ и оценкой факторов себестоимости и рентабельности таких проектов [10]. Всё это подтверждает, что исследование выращивания и развития карповых рыб в установках замкнутого водоснабжения является актуальным как для научного обоснования оптимальных технологических режимов, так и для практической реализации задач отрасли в Казахстане.

Условия и методы исследований

Для изучения роста и развития карповых рыб (*Cyprinidae*) в условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) были применены комплексные методы исследования их физиологических, морфометрических и биохимических показателей.

Объект исследования – карповые рыбы, выращиваемые в системах замкнутого водоснабжения (n=10). Исследовательские работы проводились на базе НАО «Шәкәрім Университет» в комплексе «Агротехнопарк» города Семей.

Экспериментальные условия: рыбы содержались в бассейнах комплекса «Агротехнопарк». Температура воды поддерживалась в диапазоне 19–28°C. Насыщение кислородом поддерживалось на уровне 6–8 мг/л, что обеспечивалось с помощью аэрационных систем. Кормление рыб осуществлялось экструдированными кормами с содержанием белка 25–35%.

Методологическая основа исследования опиралась на труды ведущих ученых в области аквакультуры и ихтиологии, в том числе: Берг Л.С. (1949), Никольский Г.В. (1963), Багров Л.С. (1998).

Методы оценки показателей роста и развития: биометрические измерения (длина тела, масса, индекс упитанности) проводились в соответствии с методикой Каширского (1987). Оценка прироста массы и коэффициента конверсии корма (FCR) осуществлялась на основе стандартных расчетных методов (Wedemeyer, 1996). Длина и масса рыб измерялись ежемесячно с использованием электронных весов и ихтиометрической линейки. Индекс упитанности (K) рассчитывался по формуле Фултона: $K = (M / L^3) \times 100$, где M – масса рыбы (г), L – длина тела (см).

Гидрохимический анализ воды: определение температуры, pH, содержания кислорода, аммиака и нитратов проводилось по методике Струкова и Савченко (2002). Температура воды измерялась цифровым термометром. Концентрация кислорода определялась с помощью оксиметра. Уровень аммиака, нитритов и нитратов измерялся спектрофотометром (Nash DR 2800).

Оценка поведенческих реакций рыб: мониторинг активности и двигательных реакций рыб осуществлялся с использованием системы видеонаблюдения и анализа движения.

Результаты исследований

В результате исследований доказаны эффективные методы рационального выращивания рыбы с полноценным ростом и развитием в условиях круглогодичного замкнутого

водоснабжения. Были созданы условия для регулирования факторов, влияющих на сроки созревания и качество рыбы. В ходе эксперимента была достигнута высокая активность карповых рыб. Результаты влияния температуры воды на рост и развитие карповых рыб показаны в таблице 1.

Таблица – 1 Влияние температуры воды на рост и развитие карповых рыб (n=10)

Температура воды (°С)	Начальная масса (г)	Конечная масса (г)	Среднесуточный прирост массы (г/сут)	Коэффициент упитанности (К)	Уровень выживаемости (%)
19	50	320	1,5	1,85	87
21	50	370	1,77	1,90	91
23	50	420	2,05	2,00	94
25	50	460	2,28	2,05	96
27	50	450	2,22	2,00	95
28	50	410	2,00	1,95	92

Рассматривая влияние температуры на рост и развитие карповых рыб, следует отметить, что при температуре 19°С наблюдались наименьшие показатели. По результатам исследования оптимальный температурный диапазон для интенсивного выращивания карпа составляет 22–26°С. В диапазоне 23–25°С отмечались наибольший прирост массы и лучшие показатели коэффициента упитанности, тогда как при 19°С и 28°С темпы роста снижались. При оптимальной температуре среднесуточный прирост массы достигал 2,1–2,4 г/сут.

При понижении температуры ниже 20°С наблюдалось снижение обмена веществ и интенсивности роста. Напротив, при повышении температуры выше 26°С отмечалось ухудшение физиологического состояния рыб: снижалась активность, увеличивалось потребление кислорода, а также возрастала концентрация аммиака и нитратов в воде. Значит, для достижения максимальной продуктивности необходимо поддерживать температурный режим воды на уровне 22–26°С.

Гидрохимические параметры воды играют решающую роль при выращивании карповых рыб. В ходе исследования были проанализированы следующие основные показатели:

- *Уровень растворённого кислорода (O_2)*: оптимальный диапазон – 6–8 мг/л. При снижении уровня кислорода ниже 5 мг/л рост замедлялся, активность снижалась, а при достижении уровня ниже 3 мг/л наблюдались гипоксия, угнетение метаболизма и увеличение смертности.
- *Аммиак (NH_3)*: при концентрации ниже 0,02 мг/л отрицательного влияния не отмечено. Однако при повышении концентрации до 0,05–0,1 мг/л наблюдались признаки интоксикации (снижение аппетита, повреждение жабр), а при концентрации 0,2 мг/л и выше – острая интоксикация и массовая гибель рыб.
- *Нитриты (NO_2^-) и нитраты (NO_3^-)*: безопасный уровень для нитритов — до 0,1 мг/л, для нитратов — до 50 мг/л. При превышении этих показателей наблюдались ослабление иммунитета, снижение темпов роста и повышенная восприимчивость к заболеваниям.
- *Уровень pH воды*: оптимальный диапазон — 6,8–7,5. При снижении pH ниже 6,5 у рыб возникает метаболический стресс, а при повышении выше 8,5 отмечаются раздражение жабр и ухудшение усвоения питательных веществ.

Таким образом, для сохранения здоровья и продуктивности карповых рыб, выращиваемых в замкнутой системе, важно поддерживать стабильные гидрохимические параметры.

Для оценки динамики роста карповых рыб в ходе эксперимента анализировалась масса рыб на различных этапах развития. Данные представлены в таблице 2.

Таблица – 2 Показатели роста и развития карповых рыб (n=10)

Возраст	Средняя длина тела (см)	Средняя масса тела (г)	Коэффициент упитанности (К)	Темп роста (г/нед)	Коэффициент кормовой конверсии (FCR)
2 месяца	6,5 ± 0,5	28 ± 3	1,7 ± 0,1	3,2 ± 0,4	1,9 ± 0,1
4 месяца	11,3 ± 1,0	207 ± 15	1,9 ± 0,1	12,5 ± 1,2	1,7 ± 0,1
6 месяцев	17,5 ± 1,2	418 ± 25	2,0 ± 0,2	17,6 ± 2,0	1,5 ± 0,1

Таблица – 2 продолжение

1 год	25,4 ± 2,1	683 ± 40	2,0 ± 0,2	22,5 ± 3,0	1,4 ± 0,1
1,5 года	33,7 ± 3,0	1203 ± 65	1,95 ± 0,2	32,0 ± 4,5	1,3 ± 0,1

Согласно результатам исследования, наиболее активный период роста карповых рыб наблюдался с 4 месяцев до 1 года. В этот период средний недельный прирост массы увеличился с 12,5 г до 22,5 г. В возрасте 2 месяцев средняя масса рыб составляла 28 г, а к 1,5 годам достигла 1203 г, то есть увеличилась в 43 раза. Коэффициент упитанности (К) повышался до 6 месяцев (до 2,0), что свидетельствует о правильном кормлении и пропорциональном увеличении массы тела карповых рыб. После 1 года показатель К снизился до 1,95, что может быть связано с замедлением темпов роста и увеличением массы тела. Коэффициент кормовой конверсии (FCR) с возраста 2 месяцев до 1 года снизился с 1,9 до 1,5, что свидетельствует об эффективном использовании корма. После 1 года FCR снизился до 1,4–1,3, что указывает на хорошую перевариваемость корма.

При улучшении качества корма и баланса питания показатели роста рыб могут быть увеличены и в дальнейшем. Сведения о влиянии корма на рост и развитие карповых рыб приведены в таблице 3.

Таблица – 3 Влияние корма на рост и развитие рыб

Вид корма	Характеристика (состав, форма, размер)	Средне-суточный прирост массы (г/сут)	Коэффициент кормовой конверсии (FCR)
Гранулированный корм	Содержание белка – 25%, средний уровень энергии. Плотный, гранулированный, диаметр 2–5 мм	1,8	1,6
Экструдированный корм	Содержание белка – 35%, хорошо усваивается. Пористый, лёгкий, гранулированный, диаметр 3–6 мм	2,4	1,2
Натуральный корм (черви, зоопланктон)	Содержание белка – 40%, высокая биологическая ценность. Живой или замороженный корм различной формы	2,7	1,1
Зерновые культуры (пшеница, ячмень, кукуруза)	Содержание белка – 10–12%, источник углеводов. В виде муки или цельного зерна, размер 2–7 мм	1,2	2,0

Наиболее интенсивный рост наблюдался в период с 4 до 6 месяцев, что подтверждает необходимость обеспечения рыбам оптимальных условий выращивания именно в этот период.

Результаты исследования доказали, что период с 4 месяцев до 1 года является наиболее важным для эффективного выращивания карповых рыб в замкнутой системе.

Гранулированный и экструдированный корм удобны в использовании, однако экструдированный корм отличается высокой усвояемостью. Натуральный корм является наиболее эффективным благодаря высокому содержанию качественного белка, но его постоянное использование затруднительно. Зерновые культуры содержат низкий уровень белка, поэтому темпы роста рыб ниже (1,2 г/сут). Экструдированный корм признан наиболее эффективным коммерческим вариантом, так как обеспечивает хорошие темпы роста (2,4 г/сут) и низкий коэффициент кормовой конверсии (FCR 1,2).

Сравнительный анализ различных видов кормов показал, что наиболее эффективным является экструдированный корм с высоким содержанием белка (35%). При его использовании среднесуточный прирост массы составил 2,4 г, а коэффициент кормовой конверсии (FCR) – 1,2. Натуральный корм (зоопланктон, черви) показал самые высокие показатели роста (2,7 г/сут), однако его применение на промышленном уровне ограничено. Зерновые культуры (пшеница, ячмень, кукуруза) в качестве основного корма оказались неэффективными – среднесуточный прирост массы составил 1,2 г, а FCR достиг 2,0, что свидетельствует о низкой усвояемости и необходимости добавления дополнительного источника белка.

Таким образом, для обеспечения высоких темпов роста рыб, выращиваемых в замкнутой системе, рекомендуется применять экструдированные корма с содержанием белка не менее 35%.

Кроме этого, была проведена оценка адаптационных возможностей карповых рыб к условиям замкнутой системы. Для определения их способности к адаптации в условиях УЗВ были изучены физиологическое состояние, поведение и показатели продуктивности рыб. Результаты исследования приведены в таблице 4.

Таблица – 4 Оценка адаптационных возможностей карповых рыб к условиям замкнутой системы

Этап адаптации	Изменения в поведении	Физиологические показатели	Темп роста (г/сут)
1–2 недели	Высокая активность, беспорядочные движения, стресс, у некоторых рыб отказ от корма	Повышение уровня кортизола, при аммиаке > 0,1 мг/л наблюдается гиперплазия жабр	1,2 г/сут (замедление роста)
3–4 недели	Стабилизация поведения, улучшение кормовой активности, снижение агрессии	Уровень кортизола нормализуется, состояние жабр улучшается	1,8–2,0 г/сут (начало нормализации роста)
5 недель и более	Полная адаптация, стабильное кормление, устойчивая активность	Физиологические показатели стабильны, обмен веществ нормализован	2,1–2,4 г/сут (нормальный рост)

Адаптация карповых рыб к условиям замкнутой системы (УЗВ) проходила в несколько этапов, при этом отмечались изменения в их физиологическом состоянии, поведении и продуктивности. Процесс адаптации состоял из нескольких фаз, и на каждом этапе у рыб наблюдались различные реакции.

Результаты исследования показали, что в первые 2-3 недели у карповых рыб наблюдались выраженные поведенческие изменения. В первые дни отмечались беспорядочные движения в бассейне, повышенная активность и снижение интереса к корму. У некоторых особей регистрировались отказ от корма и стрессовые реакции. Кроме того, колебания гидрохимических показателей, особенно изменения концентрации кислорода, усиливали нестабильность поведения.

К 4-5-й неделе поведение рыб стабилизировалось, кормовая активность повысилась. Также было зафиксировано снижение уровня агрессии между особями, выращиваемыми совместно в одном бассейне, и более рациональное использование пространства. На данном этапе можно считать, что рыбы полностью адаптировались к условиям замкнутой системы.

Для оценки адаптационных возможностей карпа анализировались физиологические параметры. В первые две недели наблюдалось повышение уровня гормона кортизола, что свидетельствовало о стрессовом состоянии рыб. К концу 4-й недели уровень кортизола постепенно снижался, что указывало на успешное завершение адаптационного процесса.

При исследовании состояния жабр в ходе эксперимента при концентрации аммиака выше 0,1 мг/л у некоторых особей регистрировалась гиперплазия жаберных пластинок. Это приводило к снижению способности к усвоению кислорода и общей физиологической активности рыб. Однако при поддержании стабильных гидрохимических параметров воды патологических изменений в структуре жабр не выявлено.

Одним из важных показателей оценки адаптационных возможностей является динамика роста. В первые две недели среднесуточный прирост карпа составлял 1,2 г, что по сравнению со стабильными периодами является относительно низким (2,1–2,4 г/сут). Через 1 месяц темпы роста нормализовались, что свидетельствует об успешном завершении адаптационного периода.

В целом, к 6 месяцам средняя масса рыб не отличалась от массы карпов, выращенных в естественных условиях. Данный показатель подтверждает эффективность выращивания карповых рыб в условиях замкнутой системы.

Результаты проведённого исследования показали высокую адаптационную способность карповых рыб к условиям замкнутой системы. Однако адаптационный период продолжался 2–4 недели и характеризовался повышенным уровнем стресса на начальном этапе. Основными факторами успешной адаптации являются поддержание стабильных параметров воды, обеспечение необходимого уровня кислорода (6–8 мг/л) и соблюдение правильного режима кормления.

После завершения периода адаптации рост, физиологическое состояние и продуктивность рыб стали сопоставимы с показателями рыб, выращенных в естественных условиях. Это доказывает биологическую обоснованность выращивания карпа в замкнутой системе и подтверждает, что данное направление является одним из важных в сфере аквакультуры.

Обсуждение научных результатов

Оптимальная температура воды для роста карповых рыб, выращиваемых в замкнутой системе, составляет 22–26°C. В этом диапазоне наблюдается максимальный прирост массы, тогда как при низких (19–20°C) и высоких (27–28°C) температурах темпы роста снижаются.

Для стабильного роста карповых рыб необходимо поддерживать постоянные показатели: кислород (6–8 мг/л), аммиак (<0,02 мг/л), нитриты (<0,1 мг/л) и нитраты (<50 мг/л). Превышение этих значений приводит к снижению темпов роста, возникновению стрессового состояния и увеличению смертности.

Период наиболее интенсивного набора массы наблюдается с 4 до 6 месяцев, поэтому в этот период необходимо усилить кормление и поддерживать оптимальные условия.

Наиболее эффективным оказался экструдированный корм с высоким содержанием белка (35%). Он обеспечил высокий прирост массы (2,4 г/сут) и низкий коэффициент кормовой конверсии (FCR 1,2). Зерновые культуры (пшеница, ячмень, кукуруза) в качестве основного корма оказались неэффективными, поскольку приводили к снижению темпов роста (1,2 г/сут) и увеличению FCR (2,0).

Результаты исследования показали высокую адаптационную способность карповых рыб к условиям замкнутой системы. В первые 2–4 недели наблюдался адаптационный период, в течение которого отмечались изменения в поведении и физиологическом состоянии рыб. Уровень кортизола вначале повышался, а после 4 недель нормализовался, что свидетельствует о завершении адаптационного процесса.

Согласно динамике роста, в первые 2 недели наблюдалось замедление суточного прироста, однако спустя 1 месяц рост нормализовался. К 6 месяцам средняя масса рыб не отличалась от массы карпов, выращенных в естественных условиях.

Успешное прохождение адаптационного периода обеспечивается стабильностью гидрохимических параметров, поддержанием уровня кислорода в пределах 6–8 мг/л и соблюдением правильного режима кормления.

Результаты исследования доказали эффективность и перспективность выращивания карповых рыб в замкнутой системе.

Практическое значение результатов исследования. Полученные результаты имеют важное практическое значение и могут быть использованы в следующих направлениях:

- на предприятиях аквакультуры и рыбного хозяйства, применяющих системы замкнутого водооборота. Использование оптимальных температурных, гидрохимических и кормовых параметров позволяет повысить продуктивность рыб и снизить производственные затраты;
- при разработке рекомендаций для рыбоводческих хозяйств по обеспечению оптимальных условий выращивания карповых рыб;
- в научных исследованиях, направленных на изучение адаптации карповых рыб к искусственной среде, включая оценку их устойчивости к различным экологическим факторам.

Выводы

Карповые рыбы – (*Cyprinidae*) холодоустойчивые, быстрорастущие и высокопродуктивные представители аквакультуры. Они могут успешно выращиваться как в естественных водоёмах, так и в системах замкнутого водоснабжения (УЗВ).

В условиях замкнутой системы на рост карповых рыб влияют температура воды (22–26°C), уровень кислорода (6–8 мг/л), концентрации аммиака и нитратов.

Наиболее эффективным кормом является экструдированный корм с содержанием белка 35%.

Период с 4 до 6 месяцев является наиболее интенсивным по росту, поэтому в этот период важно обеспечить оптимальное кормление и стабильные гидрохимические условия. Постоянный контроль качества воды и правильный подбор корма позволяют повысить продуктивность рыб.

Результаты исследования показали, что на темпы роста карповых рыб существенно влияют гидрохимические параметры окружающей среды, температурный режим, кормление и плотность посадки.

Список литературы

1. Bregnballe, J. A Guide to Recirculation Aquaculture: An Introduction to the New Environmentally Friendly and Highly Productive Closed Fish Farming Systems: A Manual / J. Bregnballe. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015. — 115 p.
2. Антипова Л.В. Рыбоводство. Основы разведения, вылова и переработки рыб в искусственных водоёмах / Л.В. Антипова, О.П. Дворянинова, О.А. Василенко и др. — М.: ГИОРД, 2009. — 472 с.
3. Постановление Правительства Республики Казахстан от 5 апреля 2021 года № 208. Программа развития рыбного хозяйства на 2021–2030 годы. — Астана, 2021. — 34 с.
4. Закон Республики Казахстан от 12 июня 2025 года № 193-VIII ЗРК «Об аквакультуре». — Астана, 2025. — 22 с.
5. Сариев Б.З. Использование интегрированных методов при выращивании личинок карпа в установках замкнутого водоснабжения / Б.З. Сариев, М.С. Косымбекова, А.Т. Жаксылыкова, М.С. Ермуханова // Журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета. — 2023. — Т. 23, № 2. — С. 45–52.
6. Timmons M.B., Ebeling J.M. *Recirculating Aquaculture*. — Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2010. — 948 p.
7. Malcolm C. M. *Beveridge Cage Aquaculture*. — 3rd ed. — Oxford: Blackwell Publishing, 2004. — 368 p.
8. Robert R. Stickney *Aquaculture: An Introductory Text*. — 2nd ed. — Wallingford: CABI Publishing, 2005. — 265 p.
9. James H. Tidwell (Ed.) *Aquaculture Production Systems*. — Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. — 400 p.
10. Barry A. Costa-Pierce *Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution*. — Oxford: Blackwell Science, 2002. — 368 p.

References

1. Bregnballe, J. A Guide to Recirculation Aquaculture: An Introduction to the New Environmentally Friendly and Highly Productive Closed Fish Farming Systems: A Manual / J. Bregnballe. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015. — 115 p.
2. Antipova L.V. Rybovodstvo. Osnovy razvedeniya, vylova i pererabotki ryb v iskusstvennykh vodoyomakh / L.V. Antipova, O.P. Dvoryaninova, O.A. Vasilenko i dr. — M.: GIORД, 2009. — 472 s.
3. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 5 aprelya 2021 goda № 208. Programma razvitiya rybnogo khozyaistva na 2021–2030 gody. — Astana, 2021. — 34 s.
4. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 12 iyunya 2025 goda № 193-VIII ZRK «Ob akvakul'ture». — Astana, 2025. — 22 s.
5. Sariev B.Z. Ispol'zovanie integrirovannykh metodov pri vyrashchivaniy lichinok karpa v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya / B.Z. Sariev, M.S. Kosymbekova, A.T. Zhaksylykova, M.S. Ermukhanova // Zhurnal Zapadno-Kazakhstanskogo agrarno-tekhnicheskogo universiteta.—2023. — T. 23, № 2. — S. 45–52.
6. Timmons M.B., Ebeling J.M. *Recirculating Aquaculture*. — Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2010. — 948 p.
7. Malcolm C. M. *Beveridge Cage Aquaculture*. — 3rd ed. — Oxford: Blackwell Publishing, 2004. — 368 p.
8. Robert R. Stickney *Aquaculture: An Introductory Text*. — 2nd ed. — Wallingford: CABI Publishing, 2005. — 265 p.
9. James H. Tidwell (Ed.) *Aquaculture Production Systems*. — Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. — 400 p.

10. Barry A. Costa-Pierce Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution. — Oxford: Blackwell Science, 2002. — 368 p.

З.О. Оралова*, Б.С. Ахметова

«Шәкәрім университеті» КеАҚ, 071412, Қазақстан, Глинка к-сі 20 А

*e-mail: z.oralova@shakarim.kz

ТҰЙЫҚ ЖЕЛІ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫНДА ТҰҚЫ БАЛЫҚТАРЫН ӨСІРУ МЕН ӨСІП-ДАМУЫН ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада тұйық желі қондырғысы (ТЖҚ) жағдайында тұқы балықтарын өсіру ерекшеліктерін және олардың өсуіне, дамуына және бейімделуіне әсер ететін факторларды зерттеу нәтижелері ұсынылған.

Зерттеу барысында су температуралық режимі, гидрохимиялық көрсеткіштер (еріген оттегінің мөлшері, аммиак, нитриттер мен нитраттардың концентрациясы, рН деңгейі), онтогенездің әртүрлі кезеңдеріндегі өсу динамикасы, сондай-ақ әртүрлі азық түрлерінің өнімділік пен азықтық конверсия коэффициентіне әсері талданды. Сонымен қатар, тұқының тұйық жүйе жағдайына бейімделу мүмкіндіктері физиологиялық және мінез-құлық көрсеткіштері бойынша бағаланды.

Зерттеу нәтижелері тұқының қарқынды өсуі үшін оңтайлы температуралық диапазон 22–26°C аралығында екенін көрсетті, бұл кезде тәуліктік орташа салмақ қосу көрсеткіштері ең жоғары деңгейге жетеді. Тұрақты гидрохимиялық параметрлерді (O_2 — 6–8 мг/л, NH_3 < 0,02 мг/л, NO_2^- < 0,1 мг/л, NO_3^- < 50 мг/л) сақтау жоғары тіршілік сақталуын және өнімділікті қамтамасыз ететіні анықталды. Ең қарқынды өсу 4–6 айлық жаста байқалатыны, ал ең тиімді коммерциялық азық — ақуыз мөлшері 35% болатын экструдирленген азық (FCR 1,2) екені белгіленді. Сондай-ақ, тұйық желі қондырғысы жағдайына бейімделу 2–4 апта ішінде аяқталатыны анықталды.

Алынған деректер тұйық желі қондырғыларында тұқы өсірудің технологиялық регламенттерін әзірлеуде, температуралық және гидрохимиялық режимдерді оңтайландыруда, азықтандыру жүйелерін жетілдіруде, сондай-ақ аквакультура саласындағы ғылыми зерттеулерде қолданылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: *тұқы, тұйық желі қондырғылары, аквакультура, температуралық режим, гидрохимиялық көрсеткіштер, өсу және даму, жемдік конверсия, экструдирленген жем, бейімделу.*

Z.O. Oralova*, B.S. Akhmetova

NJSC «Shakarim University», 071412, Kazakhstan, 20A Glinka St.

*e-mail: z.oralova@shakarim.kz

STUDY OF THE CULTIVATION AND DEVELOPMENT OF CARP FISH IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS

This article presents the results of a study on the specific features of cultivating carp fish under conditions of a recirculating aquaculture system (RAS) and the factors influencing their growth, development, and adaptation.

For the study, the water temperature regime, hydrochemical parameters (dissolved oxygen content, ammonia, nitrites and nitrates, pH level), growth dynamics at different stages of ontogenesis, as well as the influence of various types of feed on productivity and feed conversion ratio were analyzed. In addition, the adaptive capacity of carp to recirculating system conditions was assessed based on physiological and behavioral indicators.

The research results revealed that the optimal temperature range for intensive carp growth is 22–26°C, at which the maximum average daily weight gain is achieved. It was established that maintaining stable hydrochemical parameters (O_2 — 6–8 mg/L, NH_3 < 0.02 mg/L, NO_2^- < 0.1 mg/L, NO_3^- < 50 mg/L) ensures high survival rate and productivity. It was determined that the most intensive growth is observed at the age of 4–6 months, and the most effective commercial feed is extruded feed containing 35% protein (FCR 1.2). It was also established that adaptation to RAS conditions is completed within 2–4 weeks.

The obtained data can be used in the development of technological regulations for carp cultivation in recirculating aquaculture systems, for optimizing temperature and hydrochemical regimes, improving feeding systems, as well as in scientific research in the field of aquaculture.

Keywords: *carp, recirculating aquaculture systems, aquaculture, temperature regime, hydrochemical parameters, growth and development, feed conversion ratio, extruded feed, adaptation.*

Сведения об авторах

Оралова Зарина Ораловна* – магистр сельскохозяйственных наук, НАО «Шәкәрім университет», г. Семей, ул. Глинки 20А, 071402, Казахстан, e-mail: z.oralova@shakarim.kz, <https://orcid.org/0009-0008-4590-8705>

Ахметова Балнур Сериковна – кандидат сельскохозяйственных наук, НАО «Шәкәрім университет», г. Семей, ул. Глинки 20А, 071412, Казахстан, e-mail: bako_84_21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4477-752X>

Авторлар туралы мәліметтер

Оралова Зарина Оралқызы* – ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, «Шәкәрім университеті» КеАҚ, Глинка к-сі 20 А, 071402, Қазақстан, e-mail: z.oralova@shakarim.kz, <https://orcid.org/0009-0008-4590-8705>

Ахметова Балнур Сериковна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Шәкәрім университеті» КеАҚ, Глинка к-сі 20 А, 071412, Қазақстан, e-mail: bako_84_21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4477-752X>

Information about the authors

Oralova Zarina Oralovna* – Master of Agricultural Sciences, NJSC «Shakarim University», 20A Glinka St., 071402, Kazakhstan, e-mail: z.oralova@shakarim.kz, <https://orcid.org/0009-0008-4590-8705>

Akhmetova Balnur Serikovna – Candidate of Agricultural Sciences, NJSC «Shakarim University», 20A Glinka St., 071412, Kazakhstan, e-mail: bako_84_21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4477-752X>

DOI:

FTAXP: 68.47.15

Ж.М. Байгазакова

«Шәкәрім университеті» КеАҚ, 071407, Қазақстан, Семей, Глинка 20А
e-mail: jadi-2-92@mail.ru

СЕМЕЙ ҚАЛАСЫ АУМАҒЫНДАҒЫ БҰТАЛЫ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ТҮРЛІК ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа: Мақалада Семей қаласы аумағындағы бұталы өсімдіктердің түрлік құрамын зерттеу нәтижелері берілді. Зерттеу барысында қаланың әртүрлі функционалдық аймақтарында (тұрғын сектор, жол жиегі, саябақтар, өндірістік және өзен маңы аумақтары) таралған бұта түрлері анықталып, олардың биологиялық ерекшеліктері мен таралу қарқындылығы талданды. Флористикалық зерттеу жергілікті және интродукцияланған түрлердің үлесін айқындауға мүмкіндік берді. Бұталы өсімдіктердің экологиялық жағдайы морфологиялық көрсеткіштері, тіршілік формасы, жамылғы тығыздығы және антропогендік жүктемеге төзімділігі бойынша бағаланды. Сонымен қатар көлік қозғалысы, өндірістік ластану, топырақ деградациясы және урбандалу үдерісінің әсері қарастырылды. Алынған нәтижелер қалалық экожүйедегі биоалуантүрліліктің қазіргі жай-күйін сипаттауға, жасыл аймақтарды тиімді жоспарлау мен қорғау шараларын ұсынуға, сондай-ақ өңірдегі урбоэкологиялық мониторингті жетілдіруге ғылыми негіз болады.

Түйінді сөздер: *бұталы өсімдіктер, түрлік құрам, биоалуантүрлілік, экологиялық жағдай, антропогендік әсер.*