

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ХИТОЗАН- β -ЦИКЛОДЕКСТРИНА С ЛЕВОФЛОКСАЦИНОМ НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА КЛАРИЕВОГО СОМА И КОНВЕРСИЮ КОРМА

Резюме. Изучено влияние комплекса хитозан- β -циклодекстрина с левофлораксацином на показатели роста клариевого сома (*Clarias gariepinus*), выращенного в лабораторных условиях. Работа выполнена на 50 особях средней массой около 141 г. Для моделирования нарушения пищеварения предварительно в течение десяти дней молоди скормливали недоброкачественный корм с высоким перекисным числом. Две контрольные группы КГ 1 и КГ 2 на протяжении всего тестирования не получали циклодекстриновый комплекс, при этом одной из них продолжали скормливать тот же рацион. Рыбы трех опытных групп ОГ 1, ОГ 2 и ОГ 3 обеспечивались сбалансированным по питательным веществам кормом с комплексом хитозан- β -циклодекстрина с левофлораксацином. В нем левофлораксацин применялся в различных концентрациях: 20, 15 и 10%, соответственно. Комплекс вводили в рацион в течение семи дней; всем особям были нанесены стандартизированные травмы. Установлено, что наибольший прирост массы тела при наилучшей конверсии корма, более низкие расходы энергии и протеина демонстрировали сомы группы ОГ 1, получавшие комплекс хитозан- β -циклодекстрина с 20% левофлораксацина. Следовательно, его применение положительно повлияло на организм молоди клариевого сома, обеспечив оптимальные темпы роста и максимальную эффективность использования кормовых ресурсов, протеина и энергии.

Ключевые слова: клариевый сом, циклодекстриновый комплекс, показатели роста, конверсия корма, левофлораксацин.

THE INFLUENCE OF THE CHITOSAN- β -CYCLODEXTRIN COMPLEX WITH LEVOFLOXACIN ON CATFISH GROWTH RATES AND FEED CONVERSION

Abstract. Effect of a complex of chitosan- β -cyclodextrin with levofloxacin on growth of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings in lab conditions was studied on 50 fishes with average bodyweight ca. 141 g preliminary fed poor-quality feed with high peroxide value during 10 days to model disturbed digestion. Two control treatments (KG 1 and KG 2) did not fed the complex throughout the experiment, the first being fed normal feed and the second the same poor-quality feed. Three other treatments (OG 1, OG 2 and OG 3) were fed normal balanced diets supplemented with the complex with three concentrations of levofloxacin (20, 15 and 10%) during 7 days; fishes of these treatments were standardly injured. The highest bodyweight gains combined with the lowest feed conversion ratio and expenses of energy and protein were found in the OG 1 treatment fed the complex with 20% of levofloxacin. The conclusion was made that the supplementation of diet with the complex of chitosan- β -cyclodextrin with 20% of levofloxacin beneficially affected the catfish fingerlings and provided optimal growth rate and maximal effectiveness of the use of feed, protein, and energy.

Key words: African sharptooth catfish, chitosan- β -cyclodextrin complex, levofloxacin, growth rate, feed conversion ratio.

УДК 639.31

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2025-12-4-257

ИРИНА ВАСИЛЬЕВНА ПОДДУБНАЯ¹,

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура»

ORCID: 0000-0002-8565-5633

SPIN: 4555-6523

E-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

ОКСАНА АЛЕКСАНДРОВНА ГУРКИНА¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура»

ORCID: 0000-0003-0836-3511

SPIN: 3729-8936

E-mail: gurkinaoa@yandex.ru

ОКСАНА НИКОЛАЕВНА РУДНЕВА¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура»

ORCID: 0000-0002-1175-0793

SPIN: 4804-6707

E-mail: rudnevmu@yandex.ru

¹ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова

Россия, 410005 г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220

Поступила в редакцию: 04.11.2025

Одобрена после рецензирования: 01.12.2025

Принята в публикацию: 01.12.2025

Экспериментальные работы выполнены при поддержке Гранта Российского научного фонда, проект № 24-26-00061 «Оптимизация использования комплексов производных β -циклодекстринов для доставки лекарственных и профилактических препаратов в организм рыб»

UDC 639.31

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2025-12-4-257

IRINA VASILYEVNA PODDUBNAYA¹,

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Genetics, Breeding, Animal Feeding and Aquaculture

ORCID: 0000-0002-8565-5633

SPIN: 4555-6523

E-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

OXSANA ALEKSANDROVNA GURKINA¹,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Genetics, Breeding, Animal Feeding and Aquaculture,

ORCID: 0000-0003-0836-3511

SPIN: 3729-8936

E-mail: gurkinaoa@yandex.ru

OXSANA NIKOLAEVNA RUDNEVA¹,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Genetics, Breeding, Animal Feeding and Aquaculture

ORCID: 0000-0002-1175-0793

SPIN: 4804-6707

E-mail: rudnevmu@yandex.ru

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

220 Bolshaya Sadovaya St., Saratov, 410005, Russia

Received by editor office: 11.04.2025

Approved in revised: 12.01.2025

Accepted for publication: 12.01.2025

The experimental work was carried out with the support of the Russian Science Foundation Grant, Project No. 24-26-00061 "Optimization of the use of β -cyclodextrin derivative complexes for the delivery of medicinal and prophylactic drugs to the fish body"



ВВЕДЕНИЕ

Клариевый сом (*Clarias gariepinus*) — ценный объект промышленного рыбоводства ввиду своих уникальных биологических свойств [1]. Этот вид отличается высокой адаптивностью к условиям интенсивного содержания, выдерживает значительную плотность посадки, повышенную температуру среды и низкую концентрацию растворенного кислорода [2]. Сом демонстрирует высокий темп роста и эффективную конверсию корма. За относительно короткий срок он достигает товарных размеров, что обеспечивает высокую рентабельность его культивирования. Так, за 6–8 месяцев особи набирают массу около 500 г, а к концу первого года жизни нередко достигают 1 кг [3]. Исследования показывают, что темпы роста данного вида зависят от множества факторов, таких как технологии содержания, состав рационов и включенные в них биологически активные добавки [4, 5].

Мясо клариевого сома популярно среди потребителей благодаря низкой калорийности и высоким органолептическим характеристикам. Оно содержит оптимальное соотношение белка и жира, богато полиненасыщенными жирными кислотами омега-3 и омега-6. Такое сочетание позволяет отнести мясо сома к категории диетического питания, его потребление положительно влияет на сердечно-сосудистую систему человека [6]. Значительная масса тела и высокий выход филе (до 60%) позволяют рассматривать его продукцию как полноценное сырье для промышленной переработки [7–9].

Отечественная и зарубежная литература описывает высокую эффективность выращивания клариевого сома в условиях индустриальной аквакультуры с применением различных технологий — в садках, прудах, бассейнах. При этом одним из наиболее перспективных направлений считается содержание рыбы в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Выбор методики зависит от конкретных условий хозяйства и экономической целесообразности [10–12]. Однако при промышленном выращивании этого вида до товарной массы наблюдается значительная вариабельность в скорости роста отдельных особей, что приводит к каннибализму, травматизму и увеличению потерь продукции [13,14]. Для профилактики и лечения, а также для снижения последствий стресса и повреждений традиционно применяют антибиотики, но их быстрая инактивация в водной среде и ускоренное выведение препаратов из организма рыб представляют проблему, поскольку снижает терапевтический эффект и требует увеличения дозировок. Современные научные разработки предлагают инкорпорировать антибиотики фторхинолоновой группы [15] в торы β-циклодекстринов, обеспечивая целенаправленную доставку активных компонентов и их пролонгированное поступление в организм рыб [16].

Основной задачей настоящего исследования стало изучение влияния комплекса хитозан-β-циклодекстрина

с левофлоксацином на показатели роста и конверсию корма при содержании клариевого сома в аквариальной системе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводили в научно-исследовательской лаборатории «Современные биотехнологии в аквакультуре» кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура» ФГБОУ ВО Вавиловский университет. В нем оценивали воздействие комплекса хитозан-β-циклодекстрина с левофлоксацином на динамику роста сомов и эффективность использования корма. Циклодекстриновые комплексы были разработаны и предоставлены кафедрой «Химическая энзимология» Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова [16]. Индивидуальную массу рыб определяли взвешиванием на аналитических весах.

Были сформированы 5 групп рыб по принципу пар-аналогов численностью 10 особей в каждой (табл. 1). Средняя масса рыб в начале тестирования варьировала от 137,3 до 144,7 г. Для объективной оценки действия комплекса хитозан-β-циклодекстрина с левофлоксацином за 10 суток до начала тестирования рыб перевели на недоброкачественный рацион, моделируя нарушение

Литература/Literature

1. Vasilenko, V. N. Development of industrial feed for channel catfish grown in the Central Federal District of the Russian Federation / V. N. Vasilenko, L. N. Frolova, I. V. Dragan [et al.] // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. — 2020. — Vol. 82, No. 4 (86). — P. 132–136.
2. Спирина, Е. В. 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. EDN: ANCNA.
3. Захидов, Н. М. Совершенствование технологии интенсивного выращивания африканского сома / Н. М. Захидов, Ш. Ф. Рахматиллаев, А. А. Самборский, М. Х. Маматкулов // Наука и инновационное развитие. — № 3. — С. 128–135.
4. Золотова, А. В. Рост и анатомо-гистологическая характеристика осевой мускулатуры африканского сома *Clarias gariepinus* (Burchell) / А. В. Золотова, В. П. Панов, Ю. И. Есавкин, Е. А. Просекова // Известия ТСХА. — 2015. — № 5. — С. 81–93. EDN: UYMTZJ.
5. Калайда, М. Л. Совершенствование биотехнологии выращивания сомов (*Siluroidea*) — *Silurus glanis*, *Clarias gariepinus*, *Pangasius sutchi* на водах / М. Л. Калайда, С. Д. Борисова, Е. С. Пиганов, Ф. А. Исмагилов, А. А. Калайда // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. — 2021. — №2 (20). — С. 39–51. EDN: QTDFRN.
6. Левина, О. А. Опыт использования комбикормов с различной нормой содержания протеина при выращива-

Таблица 1. Схема эксперимента

Группа	Состояние рыб	Рацион и способ воздействия
Контрольная 1 (КГ 1)	травмированное	Основной рацион (ОР)
Контрольная 2 (КГ 2)	травмированное	Недоброкачественный рацион (НР)
Опытная 1 (ОГ 1)	травмированное	ОР + комплекс хитозан-β-циклодекстрина с 20% левофлоксацина
Опытная 2 (ОГ 2)	травмированное	ОР + комплекс хитозан-β-циклодекстрина с 15% левофлоксацина
Опытная 3 (ОГ 3)	травмированное	ОР + комплекс хитозан-β-циклодекстрина с 10% левофлоксацина

пищеварения. Основной рацион был сбалансированным и содержал следующие питательные вещества: сырой протеин — 45%, сырой жир — 12%, сырая зола — 10%, сырая клетчатка — 3%.

Моделирование травм осуществляли путем нанесения сомам продольных порезов мышц в области спинного плавника. Комплекс препаратов вносили в корм непосредственно перед скармливанием, равномерно распределяя их тщательным перемешиванием в течение 5 минут.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 2 приведены данные о росте массы клариевого сома. К 14-м суткам эксперимента во всех группах наблюдалось повышение массы тел. Наибольший прирост

421 г зафиксирован у сомов ОГ 1, которым вводили в корм комплекс хитозан-β-циклодекстрина с 20% левофлоксацина. Примечательно, что травмированные особи КГ 2, не получавшие в рационе циклодекстриновый комплекс с левофлоксацином, демонстрировали наименьший показатель средней массы тела к концу тестирования — 195 г. Это обусловлено дополнительным негативным фактором — скармливанием недоброкачественного корма.

Максимальные показатели абсолютного, относительного и среднесуточного приростов зафиксированы в группе ОГ 1 (табл. 3). Превышение над контрольным вариантом КГ 1 составило соответственно 10,5 г, 8,14%, и 0,75 г.

Эффективное выращивание клариевого сома предполагает соблюдение оптимальных условий кормления,

- нии молоди африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установки замкнутого водоснабжения / О. А. Левина, С. В. Пономарёв, М. А. Корчунова, Ю. В. Фёдоровых, Ю. М. Баканёва // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. — 2015. — № 3. — С. 93–101. EDN: UMISUL.
- Любомирова, В. Н. Морфофизиологические адаптации африканского сома к высоким плотностям посадки в УЗВ / В. Н. Любомирова, Е. М. Романова, В. В. Романов, Д. А. Харитонов // Вестник Ульяновской ГСА. — 2020. — № 4 (52). — С. 140–147. EDN: VXBGYL.
 - Ярмош, В. В. Рекомендации по повышению эффективности воспроизводства клариевого сома в условиях промышленной аквакультуры / В. В. Ярмош, А. В. Козырь, Е. В. Таразевич // Пинск: Пинская региональная типография, 2022. — 48 с.
 - Сидорова, В. И. Экструдированные стартовые комбикорма для клариевого сома / В. И. Сидорова, С. Ж. Асылбекова, Н. И. Январева, С. К. Койшыбаева и др. // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2020. — № 2. — С. 82–93. EDN: MQUAFK.
 - Тытарев, К. А. Оценка темпа роста клариевого сома в УЗВ / К. А. Тытарев, Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова // Мат. VI межд. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». — 2018. — С. 41–45.
 - Федорова, Е. В. Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения / Е. В. Федорова // Аграрные конференции ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. — № 2 (2). — С. 49–53.
 - Хрусталева, Е. И. Оценка ростовой потенции канального и клариевого сомов, обосновывающая полициклические технологии выращивания / Е. И. Хрусталева // Рыбное хозяйство. — 2010. — № 4 — С. 65–68. EDN: GNRAVR
 - 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.
 - Ярмош, В. В. Перспективы выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в Республике Беларусь / В. В. Ярмош // Материалы VII междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Сети центров аквакультуры в Центральной и Восточной Европе (NACEE). Горки, 11–14 декабря 2018 г. — Белорус, гос. сельхоз. академия. — Горки: БГСХА. — 2019. — С. 25–26.
 - Яковлев, В. П. Левофлоксацин — новый антимикробный препарат группы фторхинолонов / В. П. Яковлев, К. В. Литовченко // Инфекция и антимикробная терапия. — 2001. — Т. 3, № 5. — С. 132–140.
 - Скuredина, А. А. Комплексы моксифлоксацина с полимерными наночастицами сульфобутилового эфира Р-циклодекстрина. синтез и физико-химические свойства / А. А. Скuredина, М. Р. Данилов, И. М. Ледейген, Е. В. Кудряшова // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. — 2018. — № 4. — С. 305–312. EDN: XMZWHR.

Таблица 2. Динамика изменения массы клариевого сома под влиянием комплекса хитозан-β-циклодекстрина с левофлоксацином

Показатель	Группа				
	КГ 1	КГ 2	ОГ 1	ОГ 2	ОГ 3
<i>Начало эксперимента (0 суток)</i>					
Общая масса, г	1403,0	1438,0	1373,0	1410,0	1447,0
Средняя индивидуальная масса, г	140,3 ± 3,11	143,8 ± 4,60	137,3 ± 1,99	141,0 ± 5,07	144,7 ± 2,82
<i>8-е сутки</i>					
Общая масса, г	1589,0	1487,0	1684,0	1585,0	1675,0
Средняя индивидуальная масса, г	158,9 ± 3,03	148,2 ± 4,19	168,4 ± 5,57	158,5 ± 5,47	167,5 ± 4,90
Прирост массы за 8 суток	186,0	49,0	311,0	175,0	228,0
<i>14-е сутки</i>					
Масса всей рыбы, г	1719,0	1530,0	1794,0	1656,0	1749,0
Средняя индивидуальная масса, г	171,9 ± 2,95	153,0 ± 6,36	179,4 ± 5,42	165,6 ± 5,95	174,9 ± 5,91
Прирост массы за 14 суток, г	316,0	195,0	421,0	246,0	302,0

обеспечивающих высокие темпы роста при минимальном расходе корма. При этом важное значение имеет вкусовая привлекательность рационов, поскольку введение медикаментов может повлиять на их поедаемость и аппетит. Полученные данные по конверсии комбикорма, обменной энергии и сырого протеина на единицу прироста массы клариевого сома в исследуемых вариантах позволяют оценить эффективность кормления в зависимости от концентрации антибиотика в циклодекстриновых комплексах (табл. 4).

Таблица 3. Показатели прироста молоди клариевого сома

Показатель	КГ 1	КГ 2	ОГ 1	ОГ 2	ОГ 3
Абсолютный, г	31,6	19,5	42,1	24,6	30,2
Относительный, %	22,52	6,40	30,66	17,45	20,87
Среднесуточный, г	2,26	1,39	3,01	1,76	2,16

Таблица 4. Эффективность использования комбикорма

Показатель	Группа				
	КГ 1	КГ 2	ОГ 1	ОГ 2	ОГ 3
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,15	3,72	0,89	1,46	1,24
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДж	23,07	74,86	17,83	29,26	24,96
Затраты сырого протеина на 1 кг прироста, г	516,57	1676,01	399,26	655,11	558,87

Наименьший расход корма на килограмм прироста массы тела наблюдается в опытной ОГ 1 (0,89 кг), наибольший — в контрольной группе КГ 2 (3,72 кг). Аналогично по расходу энергии: в ОГ 1 он минимальный (17,83 МДж/кг), в КГ 2 — максимальный (74,86 МДж/кг). По конверсии сырого протеина также выделяется ОГ 1 с наименьшим значением (399,26 г/кг), тогда как наибольшие затраты сырого протеина отмечены у КГ 2 (1676,01 г/кг). Таким образом, применение комплекса хитозан-β-циклодекстрина с левофлоксацином значительно улучшает эффективность использования корма и снижает затраты энергии и протеина на единицу прироста массы рыбы.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование подтвердило, что клариевые сомы группы ОГ 1 отличались лучшими показателями по сравнению с остальными вариантами. Они характеризовались наибольшим приростом за весь период эксперимента при наименьших затратах корма, энергии и протеина на единицу прироста. Использование хитозан-β-циклодекстринового комплекса с 20%-ым содержанием левофлоксацина обеспечило максимальную продуктивность и эффективность аквакультуры клариевого сома.

Полученные результаты расширяют знания о методах содержания и выращивания клариевых сомов в условиях индустриального рыбоводства, обосновывая применение циклодекстриновых комплексов с левофлоксацином в профилактических и лечебных целях. ■