

РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ В КОРМ ЭКСТРАКТОВ ФУЛЬВОВЫХ КИСЛОТ

А. О. ЖАРИКОВА

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и
Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 17.03.2025)

В последние годы в Беларуси активно развивается форелеводство. В условиях интенсивной аквакультуры качество рыбопосадочного материала может снижаться, и он нуждается в дополнительном использовании безопасных и экологически чистых стимулирующих веществ. Фульвовые кислоты (ФК) являются перспективными биологически активными веществами природного происхождения, которые находят все более широкое применение в различных областях, включая медицину, сельское хозяйство, животноводство и аквакультуру. В животноводстве Беларуси они используются в составе кормовых добавок и ветеринарных препаратов отечественного производства. Их применение направлено на повышение продуктивности, улучшение здоровья и качества продукции сельскохозяйственных животных.

Применение ФК в аквакультуре является относительно новым и перспективным направлением, которое интенсивно развивается в последние годы. Исследования показывают их многоплановое положительное влияние на здоровье и продуктивность культивируемых гидробионтов. Установлено, что ФК стимулируют рост и увеличивают выживаемость различных видов рыб. Добавление ФК в корма приводит к увеличению конечной массы и удельной скорости роста исследуемых объектов.

В результате проведенных исследований изучены и проанализированы рыбоводно-биологические параметры радужной форели при добавлении в корм экстрактов фульвовых кислот.

Проведенные исследования установили, что добавление ФК в корм радужной форели способно оказывать стимулирующее влияние на размерно-весовые показатели. Так, добавление в корм 5%-ного раствора ФК оказывало стимулирующее влияние на среднюю массу тела (эффект стимуляции 26,5 %), среднюю длину всего тела (эффект стимуляции 6,31 %), включая среднюю длину антедорсального, постдорсального, антевентрального, антеанального расстояний, средний коэффициент упитанности (эффект стимуляции 6,66 %).

Вышеизложенные результаты необходимо учитывать при установлении и разработке дозровок ФК, при использовании в качестве кормовой добавки в животноводстве и рыбоводстве.

Ключевые слова: радужная форель, фульвовая кислота, лигнит, кукурузное сырье, рост, стимулирующее влияние.

In recent years, trout farming has been actively developing in Belarus. In conditions of intensive aquaculture, the quality of fish seed may decrease, and it requires additional use of safe and environmentally friendly stimulants. Fulvic acids (FA) are promising biologically

active substances of natural origin, which are increasingly used in various fields, including medicine, agriculture, animal husbandry and aquaculture. In animal husbandry in Belarus, they are used as part of feed additives and veterinary drugs of domestic production. Their use is aimed at increasing productivity, improving the health and quality of farm animals.

The use of FA in aquaculture is a relatively new and promising area that has been intensively developing in recent years. Studies show their multifaceted positive effect on the health and productivity of cultivated aquatic organisms. It has been established that FA stimulate growth and increase the survival rate of various fish species. The addition of FA to feed leads to an increase in the final weight and specific growth rate of the studied objects. As a result of the conducted research, the fish-farming and biological parameters of rainbow trout were studied and analyzed when adding fulvic acid extracts to the feed.

The conducted research established that adding FA to the feed of rainbow trout can have a stimulating effect on size and weight indicators. Thus, adding a 5 % FA solution to the feed had a stimulating effect on the average body weight (stimulation effect of 26.5 %), the average length of the whole body (stimulation effect of 6.31 %), including the average length of the antedorsal, postdorsal, anteventral, anteanal distances, the average fatness coefficient (stimulation effect of 6.66 %).

The above results must be taken into account when establishing and developing FA dosages, when using it as a feed additive in animal husbandry and fish farming.

Key words: rainbow trout, fulvic acid, lignite, corn raw material, growth, stimulating effect.

Введение. В современных исследованиях в области животноводства и аквакультуры активное внимание уделяется фульвовой кислоте (ФК) как эффективной добавке в корма.

ФК представляют собой группу естественных высокомолекулярных органических кислот, образующихся при разложении растительных остатков и входящих в состав гумуса. ФК являются естественной составляющей органического вещества почв, природных вод, торфа, сапропелей и других природных объектов, образующейся в процессе трансформации растительных остатков под действием микроорганизмов [1].

По своей химической природе ФК являются гетерополимерами, построенными из ароматических и алифатических фрагментов, соединенных мостиковыми группами -O-, -CH₂-, -NH-, -S- и др.

Характерными свойствами ФК являются высокая биологическая активность, водорастворимость в широком диапазоне pH, способность к ионному обмену и образованию комплексных соединений с металлами и органическими веществами. ФК обладают антиоксидантными, адаптогенными, иммуномодулирующими и другими ценными биологическими свойствами [2].

Единой общепринятой классификации ФК в настоящее время не существует. ФК различаются по происхождению, молекулярной массе, элементному составу, содержанию функциональных групп и другим признакам [2].

По происхождению выделяют ФК, образующиеся в результате разложения растительных остатков в наземных экосистемах (почвенные ФК), и ФК, синтезируемые в водной среде планктонными организмами (водные ФК).

В России сырьевой базой для производства ФК служат торф, уголь и сланцы. В Беларуси ФК производятся из торфа на базе Института природопользования НАН Беларуси.

Основным источником ФК в биосфере являются продукты разложения растительных остатков, формирующие органическое вещество почв, торфов, сапропелей. Содержание ФК в этих объектах определяется видовым составом растительности, условиями ее разложения, типом почвообразования и другими факторами [3].

ФК в небольших количествах обнаруживаются в растениях, углях, компостах, навозе и других органических объектах.

Таким образом, ФК распространены в биосфере повсеместно, являясь неотъемлемым компонентом почв, природных вод и органических остатков. Их содержание варьирует в широких пределах в зависимости от генезиса и степени трансформации исходного органического материала [4].

Положительное влияние ФК и ГК на рост и продуктивность сельскохозяйственных культур отмечено многими исследователями. Известно, что внесение ФК в почву или некорневая обработка растений их растворами увеличивает всхожесть семян, ускоряет развитие вегетативных органов, повышает устойчивость к стрессам и в итоге приводит к прибавке урожая на 10–25 % [5].

Установлено, что под действием ФК происходит оптимизация питания растений, улучшается усвоение NPK и микроэлементов, активизируются ферментные системы, фотосинтез, дыхание, увеличивается синтез белков, углеводов, витаминов. ФК стимулируют развитие корневой системы, усиливают поглощение воды и элементов питания [6].

В Беларуси ФК и ГК производятся на основе торфа и широко применяются в растениеводстве в качестве стимуляторов роста, мелиорантов почв и компонентов удобрений.

В животноводстве Беларуси ФК и ГК используются в качестве кормовых добавок и ветеринарных препаратов. Введение гуматов в рационы скота и птицы способствует повышению привесов, удоев, яйценоскости, улучшению качества продукции [7].

Таким образом, основными сферами применения ФК и ГК в Беларуси являются растениеводство и животноводство. Ведутся научно-исследовательские работы по расширению областей использования ФК, созданию новых эффективных препаратов для сельского хозяй-

ства, медицины, фармацевтики, пищевой промышленности на основе местного сырья [8].

Применение ФК в аквакультуре является относительно новым и перспективным направлением, которое интенсивно развивается в последние годы. Установлено, что ФК стимулируют рост и увеличивают выживаемость различных видов рыб. Добавление ФК в корма приводит к увеличению конечной массы и удельной скорости роста у нильской тилпии, белого амура, сибирского осетра, радужной форели [9]. У личинок данио рерио ФК ускоряют переход на внешнее питание и повышают резистентность к голоданию [10].

Под влиянием ФК улучшается усвоение питательных веществ корма за счет активизации пищеварительных ферментов и нормализации кишечной микрофлоры рыб.

ФК проявляют иммуностимулирующие и защитные свойства при добавлении в корма или воду для рыб. Они повышают фагоцитарную, бактерицидную, лизоцимную активность, усиливают синтез антител, интерферонов, цитокинов в организме карпа, сибаса, осетра [11].

Антиоксидантные свойства ФК препятствуют развитию окислительного стресса у рыб, защищая клетки от повреждений.

В мировой аквакультуре ФК применяются путем добавления в корма или воду в дозах от 0,01 до 1 г/кг корма или 0,1–10 мг/л воды. Наибольшая эффективность ФК отмечена при их включении на уровне 0,1–0,5 % от массы корма. Хорошие результаты получены при сочетании ФК с пробиотиками, органическими кислотами, растительными экстрактами [12, 13].

ФК в кормах оптимизируют микробиоценоз кишечника рыб, стимулируя рост полезной микрофлоры. Включение 0,2–0,8 % ФК повышает количество молочнокислых бактерий и бифидобактерий, снижает численность условно-патогенных энтеробактерий и стафилококков в ЖКТ радужной форели, сибирского осетра, тилпии. Это нормализует процессы пищеварения и укрепляет кишечный барьер рыб [13].

Благодаря антимикробным свойствам ФК подавляют развитие патогенных бактерий, грибов, вирусов, повышая устойчивость рыб к инфекциям. ФК снижают риск возникновения аэромоноза у осетровых, флавобактериоза у лосося [14].

Таким образом, введение ФК в корма является эффективным способом реализации их полезных свойств в аквакультуре.

В рыбоводстве Беларуси ведутся разработки комплексных препаратов на основе ФК и ГК в сочетании с другими биологически активными веществами. Комбинация ФК с витаминами, аминокислотами уси-

ливает их ростостимулирующий и иммуномодулирующий эффект на организм рыб [8].

Перспективными являются комбинированные добавки, усиливающие полезные эффекты ФК и ГК.

Дальнейшие научные исследования должны быть направлены на оптимизацию дозировок, режимов применения и расширение спектра гуминовых препаратов для аквакультуры.

Цель нашей работы заключалась в изучении влияния ФК на рыбоводно-биологические параметры радужной форели.

Основная часть. В течение октября – декабря 2024 г. осуществлялось исследование рыбоводно-биологических параметров (рост) товарной радужной форели при добавлении в корм экстрактов лигнитной ФК (ЛФК) и кукурузной ФК (КФК).

Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства, в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Физиология рыб».

Оценка влияния ФК на рост рыб. Данный этап исследований включал в себя один опыт. Схема которого приведена в табл. 1.

Таблица 1. Схема проведения эксперимента

Группа	Предварительный период	Опытный период	Количество рыб, экз.
Контрольная	ОР	ОР	25
Опытная 1	ОР	ОР + раствор 1 % ФК	25
Опытная 2	ОР	ОР + раствор 5 % ФК	25
Продолжительность, сут.	10	10	

Примечание: ОР – основной рацион.

Объектом исследований являлся рыбопосадочный материал (молодь) радужной форели в возрасте 100–160 суток, завезенный на стадии глазка из рыбопитомника Viviers de Sarrance (Франция) с дальнейшей доинкубацией и дорашиванием в условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) рыбокомплекса ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва». УЗВ включала в себя лотки для доинкубации, бассейны, системы механической и биологической очистки, а также оксигенацию и обеззараживание воды УФ-облучением.

В ходе данного эксперимента было сформировано 3 исследуемые группы: 1 контрольная группа и 2 опытные группы: по 25 экз. рыбопосадочного материала радужной форели. Эксперимент состоял из двух периодов: предварительного и опытного. Продолжительность каждого периода составляла 10 суток. Во время предварительного периода все

исследуемые группы получали основной рацион. Во время опытного периода в основной рацион опытных групп 1 и 2 вводилась ФК. Во время опытного периода в основной рацион контрольной группы вводилась артезианская вода.

Основной рацион (ОР) включал в себя экструдированный корм Aller Futura EX. Состав: LT-рыбная мука, специальная рыбная мука «Digestor», крилевая мука, рыбий жир, пшеница, витамины и минеральные добавки, иммуностимулирующая добавка MacroVital (бета-глюкан, дополнительная доза витаминов С и Е). Аналитические компоненты: сырой белок 60 %, сырой жир 15 %, сырая клетчатка 0,7 %. Добавки: А – 10000 МЕ/кг, D3 – 1000 МЕ/кг; Е – 400 мг/кг.

Ежедневная дозировка корма в среднем составляла 4 г на каждую исследуемую группу. Кормление осуществлялось 2 раза в сутки.

ФК вводилась путем замачивания ежедневной дозировки корма в растворе ФК из расчета 5 мл раствора на 2 г корма: 1 % раствор для опытной группы 1 и 5 % раствор для опытной группы 2. Замачивание корма в растворе осуществляли в течение 30 минут в термостате при температуре 28 °С.

В течение исследований в начале и конце выращивания осуществляли регистрацию размерно-весовых показателей молоди радужной форели по следующим параметрам: средняя масса, длина, в том числе антедорсальное, постдорсальное, антевентральное, антеанальное расстояние, коэффициент упитанности, индекс прогонистости, индекс высокоспинности. При регистрации массы осуществляли индивидуальное взвешивание на электронных весах. При регистрации размерных показателей, осуществляли индивидуальное фотографирование рыбы с помощью зеркальной фотокамеры Canon с дальнейшим измерением в программе ImageJ согласно рекомендациям, по схеме измерений для лососевых рыб.

Содержание исследуемых групп осуществлялось в лабораторных лотках, подключенных к общей системе УЗВ рыбокомплекса. Каждая группа содержалась в лотке объемом 217 литров – размеры 63 (Ш) * 72 (Д) * 48 (В). Начальная плотность посадки рыбопосадочного материала составляла 115 экз./м³ или 954 г/м³. Гидрохимические параметры соответствовали нормативным значениям.

Статистический анализ. Для статистической обработки результатов использовали программную среду R, включая пакеты R Commander. Статистическую достоверность различий оценивали по

тесту Тьюки при условии соблюдения нормальности распределения данных (оценивалось тестом Шапиро-Уилка) и однородности групповых дисперсий (оценивалось тестом Ливина). При несоблюдении указанных условий использовали непараметрический тест Ньюмена-Кейлса.

Результаты исследований влияния ФК на рыбоводно-биологические параметры радужной форели представлены в табл. 2–5.

Оценка влияния ФК на рост рыб. Было проанализировано влияние ФК на размерно-весовые показатели радужной форели при ее кормлении. Влияние ФК на среднюю массу радужной форели (г) в конце эксперимента представлено в табл. 2.

Таблица 2. Влияние ФК на среднюю массу радужной форели

Группа	Mean±SE, г	SD	CV, %	n	Тест Шапиро- Уилка	Тест Ливина	Тест Тьюки
Контрольная	8,3±0,37	1,8	0,2	25	p>0,05	p>0,05	–
Опытная 1	6,2±0,37	2,1	0,3	25			p<0,05
Опытная 2	10,5±0,49	2,2	0,2	25			p<0,05

Исходя из полученных данных видно, что средняя масса радужной форели в контрольной группе в конце эксперимента составила 8,3±0,37 г, в опытной группе № 1 – 6,2±0,37 г, в опытной группе № 2 – 10,5±0,49 г, что было выше контрольных значений на 26,5 % (достоверность отличий p<0,05).

Влияние ФК на среднюю длину тела радужной форели (см) в конце эксперимента показано в табл. 3.

Таблица 3. Влияние ФК на среднюю длину тела радужной форели

Группа	Mean±SE, см	SD	CV, %	n	Тест Шапиро-Уилка	Тест Ньюмена-Кейлса
Контрольная	9,5±0,18	0,9	0,1	25	p<0,05	–
Опытная 1	8,4±0,25	1,5	0,2	25		p<0,05
Опытная 2	10,1±0,17	0,8	0,1	25		p>0,05

В результате средняя длина всего тела радужной форели в контрольной группе в конце эксперимента составила 9,5±0,18 см, в опытной группе № 1 – 8,4±0,25 см, в опытной группе № 2 – 10,1±0,17 см, что было выше контрольных значений на 6,31 % (достоверность отличий p>0,05).

Таблица 4. Влияние ФК на среднюю длину антедорсального, постдорсального, антевентрального, антеанального расстояний радужной форели в конце эксперимента

Группа	Mean±SE, см	SD	CV, %	n	Тест Шапиро- Уилка	Тест Ньюмена- Кейлса
Антедорсальное расстояние						
Контрольная	4,0±0,07	0,3	0,08	25	p<0,05	–
Опытная 1	3,7±0,1	0,6	0,16	25		p<0,05
Опытная 2	4,3±0,06	0,3	0,07	25		p>0,05
Постдорсальное расстояние						
Контрольная	3,1±0,07	0,3	0,1	25	p<0,05	–
Опытная 1	2,7±0,1	0,6	0,2	25		p>0,05
Опытная 2	3,4±0,06	0,3	0,09	25		p>0,05
Антевентральное расстояние						
Контрольная	4,6±0,08	0,4	0,08	25	p<0,05	–
Опытная 1	4,1±0,1	0,7	0,2	25		p<0,05
Опытная 2	4,9±0,09	0,4	0,08	25		p>0,05
Антеанальное расстояние						
Контрольная	6,1±0,1	0,5	0,09	25	p<0,05	–
Опытная 1	5,2±0,2	1,2	0,2	25		p<0,05
Опытная 2	6,5±0,1	0,5	0,08	25		p>0,05

Из табл. 4 видно, что средняя длина антедорсального расстояния радужной форели в опытной группе № 2 выше контрольных значений на 7,5 % (достоверность отличий p>0,05). Средняя длина постдорсального расстояния в опытной группе № 2 выше контрольных значений на 9,6 % (достоверность отличий p>0,05). Средняя длина антевентрального расстояния в опытной группе № 2 выше контрольных значений на 6,52 % (достоверность отличий p>0,05). Средняя длина антеанального расстояния радужной форели в опытной группе № 2 выше контрольных значений на 6,55 % (достоверность отличий p>0,05).

Таблица 5. Влияние ФК на средний коэффициент упитанности, индекс прогонистости, индекс высокоспинности радужной форели в конце эксперимента

Группа	Mean±SE	SD	CV, %	n	Тест Шапиро- Уилка	Тест Ньюмена- Кейлса
Коэффициент упитанности						
Контрольная	1,5±0,05	0,2	0,1	25	p>0,05	–
Опытная 1	1,6±0,09	0,5	0,3	25		p>0,05
Опытная 2	1,6±0,04	0,2	0,1	25		p>0,05

Индекс прогонистости						
Контрольная	4,0±0,03	0,2	0,04	25	p<0,05	–
Опытная 1	3,9±0,06	0,4	0,1	25		p>0,05
Опытная 2	4,0±0,03	0,1	0,03	25		p>0,05
Индекс высокоспинности						
Контрольная	24,7±0,2	1,0	0,04	25	p<0,05	–
Опытная 1	25,6±0,5	2,8	0,1	25		p>0,05
Опытная 2	24,6±0,2	0,7	0,03	25		p>0,05

В результате измерений установлены следующие показатели: средний коэффициент упитанности, индекс прогонистости, индекс высокоспинности (табл. 5).

Средний коэффициент упитанности радужной форели в опытной группе № 2 составил 1,6±0,04 см, что было выше контрольных значений на 6,66 % (достоверность отличий p>0,05).

Средний индекс прогонистости радужной форели в контрольной группе в конце эксперимента составил 4,0±0,03, в опытной группе № 1 – 3,9±0,06, в опытной группе № 2 – 4,0±0,03 см, что было наравне с контрольными значениями (достоверность отличий p>0,05).

Средний индекс высокоспинности радужной форели в контрольной группе в конце эксперимента составил 24,7±0,2, в опытной группе № 1 – 25,6±0,5, в опытной группе № 2 – 24,6±0,2 см, что было почти идентично контрольным значениям (достоверность отличий p>0,05).

Заключение. По результатам проведенных исследований нами установлены оптимальные и безопасные дозировки фульвовой кислоты, оказывающие стимулирующее влияние на рыбоводно-биологические характеристики, что будет способствовать повышению эффективности аквакультуры, в особенности аквакультуры радужной форели.

Добавление в корм 5 % раствора ФК (опытная группа № 2) оказывало стимулирующее влияние на среднюю массу тела (эффект стимуляции 26,5 %), среднюю длину всего тела (6,31 %), включая среднюю длину антедорсального расстояния (7,5 %), среднюю длину постдорсального расстояния (9,6 %), среднюю длину антевентрального расстояния (6,52 %), среднюю длину антеанального расстояния (6,55 %), средний коэффициент упитанности (6,66 %).

Вышеизложенные результаты необходимо учитывать при установлении и разработке дозровок ФК, при использовании в качестве кормовой добавки в животноводстве и рыбоводстве.

Благодарности. Исследования выполнялись при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (№ проекта Б23М-080). Тема проекта: «Сравнительный анализ эмбриотоксических, нейрофизиологических и рыбоводно-

биологических эффектов фульвовых кислот, полученных из лигнита и кукурузного сырья, на модельном объекте *Danio rerio* и аквакультурном объекте радужной форели».

ЛИТЕРАТУРА

1. Gao, Y. Effect of lignite fulvic acid on growth, antioxidant ability, and HSP70 of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* / Y. Gao [et al.] // *Aquaculture International*. – 2018. – Vol. 26, № 6. – P. 1519–1530.
2. Бендерский, Н. С. Фульвовая кислота – биологически активная добавка или лекарство? / Н. С. Бендерский, О. М. Куделина, Е. В. Ганцгорн, А. В. Сафроненко // *Кубанский научный медицинский вестник*. – 2020. – Т. 27, № 3. – С. 78–91.
3. Yao, R. Impact of crop cultivation, nitrogen and fulvic acid on soil fungal community structure in salt-affected alluvial fluvo-aquic soil / R. Yao [et al.] // *Plant and Soil*. – 2021. – Vol. 464 (1-2). – P. 539–558.
4. Lieke, T. Sustainable aquaculture requires environmental-friendly treatment strategies for fish diseases / T. Lieke [et al.] // *Reviews in Aquaculture*. – 2020. – Vol. 12, iss. 2. – P. 943–965.
5. Ручкина, А. В. Органические удобрения и их вклад в улучшение плодородия почвы / А. В. Ручкина, К. Д. Сазонкина // *Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты*. – 2022. – С. 105–109.
6. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов – М: МГУ, 1990. – С. 325.
7. Агеец, В. Ю. Оценка эффективности использования нетрадиционных видов сырья в комбикормах для рыб / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак, Н. Н. Гандлевская, А. Н. Русина // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси*. – 2022. – №37. – С. 74–94.
8. Лотош, Т. Д. Экспериментальные основы и перспективы применения препаратов гуминовых кислот торфа в медицине и сельскохозяйственном производстве / Т. Д. Лотош // *Научные доклады высшей школы. Биологические науки*. – 2011. – № 10 (334). – С. 99–103.
9. Кучихин, Ю. А. Комплексное использование спирулины (*Arthrospira platensis*), гуминовых и фульвовых кислот в составе комбикорма для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) / Ю. А. Кучихин, Е. А. Размочаев // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2023. – № 4. – С. 218–223.
10. Барулин, Н. В. Влияние фульвой кислоты на эмбриотоксичность данио рерио в эксперименте *in vivo* / Н. В. Барулин, А. О. Жарикова, А. О. Воробьев, И. Н. Дубина // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. – 2021. – № 24–1. – С. 102–111.
11. Кошак, Ж. В. Гуминовые препараты в составе комбикормов для осетровых рыб / Ж. В. Кошак, Н. Н. Гандлевская, А. Н. Русина, А. В. Астренков // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси*. – 2022. – №37. – С. 341–356.
12. Опарина О. Ю. Изучение токсикологических свойств кормовой добавки на основе гуминовых и фульвовых кислот на лабораторных животных / О. Ю. Опарина, С. В. Малков, А. С. Красноперов, А. И. Белоусов // *Научные достижения генетики и биотехнологии в ветеринарной медицине и животноводстве : сборник материалов научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 27 апреля 2023 года*. – Екатеринбург: Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, 2023. – С. 137–144.
13. Zhang, J. Modulation of growth performance and nonspecific immunity of red swamp crayfish *Procambarus clarkia* upon dietary fulvic acid supplementation / J. Zhang // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2018. – Vol. 83. – P. 158–161.
14. NIH National Institutes of Health [Electronic resource]: Fulvic acid and its use in the treatment of various conditions. – Mode of access: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/WO-0019999-A1>. – Date of access: 02.03.2025.