

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 639.3.05

А.В. КОЗЫРЬ

старший преподаватель
Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь

Статья поступила 4 октября 2024 г.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КЛАРИЕВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Определено влияние таких факторов среды выращивания, как аммиак-аммоний, нитриты, нитраты, рН, взвешенные вещества на основные рыбохозяйственные показатели при выращивании клариевого сома. Апробированы разработанные рыбоводные приемы по снижению токсичности загрязнителей на объект выращивания, и дана их технологическая оценка.

Ключевые слова: *Clarias gariepinus, факторы среды, азотистые соединения, водородный показатель, взвешенные вещества, оплата корма, относительный прирост.*

KOZYR Alexey V.

Senior Lecturer
Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

IMPLICATIONS OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON FISHING PERFORMANCE OF *CLARIAS Gariepinus* catfish (*Clarias gariepinus*)

The influence of such environmental factors as ammonia-ammonium, nitrites, nitrates, pH, suspended solids on the main aquaculture indicators during the cultivation of Clarias gariepinus has been determined. Aquaculture techniques developed to reduce the toxicity of pollutants on the cultivation object have been tested and their technological evaluation provided.

Keywords: *Clarias gariepinus, environmental factors, nitrogenous compounds, pH, suspended solids, feed conversion ratio, relative growth rate.*

Введение. Эффективность получения товарной продукции в установках замкнутого водоснабжения зависит от технологий, позволяющих создать оптимальные условия для роста и развития гидробионта. Проектирование современных индустриальных рыбоводных комплексов зачастую ведется на основе биотических и абиотических факторов естественных условий обитания выбранного вида рыбы. Однако использование такого подхода не позволяет в полной мере определить факторы среды, которые позволили бы без негативного влияния на темпы массонакопления

и развития получать максимальную производительность с единицы объема системы. Выращивание рыбы в значениях оптимума, близких к зоне угнетения (пессимума), не оказывало бы негативного влияния на объект выращивания, и позволило бы увеличить плотность посадки, сократив затраты на поддержание качества технологических вод в пределах установленной нормы.

Основными факторами среды установок замкнутого водоснабжения (УЗВ), оказывающими наибольшее влияние на клариевого сома в процессе выращивания, являются:

– концентрация азотистых соединений (аммиак-аммоний, нитриты, нитраты);

– водородный показатель и окислительно-восстановительный потенциал технологических вод;

– концентрация взвешенных органических соединений и общая минерализация технологических вод – TDS (Total Dissolved Solids, ppm).

Клариевый сом непривередлив к концентрации растворенного кислорода в воде, это достигается за счет расположенного в наджаберной полости дополнительного органа дыхания – клария. Жаберные дуги слабо развиты, и основное потребление кислорода идет из атмосферы, а не из воды, что позволяет эффективно его выращивать при концентрации растворенного кислорода не менее 2 мг/л [1]. Соответственно, данный фактор не оказывает существенного влияния на темпы массонакопления и развития товарной рыбы, но должен учитываться на ранних стадиях выращивания.

Требования к качеству оборотных вод регламентировались устаревшим ГОСТом 15.372-87 «Вода для рыбных хозяйств. Общие требования и нормы Минрыбхоз СССР», который был введен еще в 1987 году [2]. Он не учитывает новые объекты рыбоводства и технологии выращивания, также некоторые нормативные значения факторов при выращивании клариевого сома в своих научных работах выведены Е.И. Хрусталевым, К.А. Молчановой, Т.М. Кураповой и другими [3]. Однако в вышеуказанных работах не учитываются такие показатели, как окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и TDS, отсутствует зависимость факторов среды на рыбохозяйственные показатели.

Материалы и методы исследования. Для выявления новых закономерностей была проведена серия экспериментов, в которых определялось влияние факторов среды на рыбохозяйственные показатели клариевого сома. Объектом исследований являлся клариевый сом возрастом 4 месяца из коллекции аквариальной лаборатории УО «Полесский государственный университет». Сом был зарыблен в количестве 30 особей (0,15 экз./л) в аквариумы объемом 200 л., оснащенные системами механической фильтрации Воуи

EFU-1000. Срок проведения каждого этапа эксперимента составлял 15 суток, трое суток составляла адаптация к новым условиям выращивания при проведении каждой фазы эксперимента. Кормление производилось комбикормом марки К115-2, в объеме 2,5% от биомассы, двумя равными частями. Качественные показатели корма:

М.д. сырого протеина, не менее – 42,0%;

М.д. сырого жира, не менее – 12,0%;

М.д. сырой клетчатки, не более – 3,0%;

М.д. фосфора, не менее – 0,8%;

М.д. лизина, не менее – 2,1%;

М.д. метионина+цистина, не менее – 1,2%.

Корректировка определяемых показателей производилась на основании полученных показателей путем подмены воды или внесения реагентов для приготовления модельных растворов. Для корректировки концентрации азотистых соединений вносились модельные растворы на основе аммиака водного особой чистоты (ГОСТ 24147-80), натрия азотнокислого (ГОСТ 4168-79) и нитрит натрия (ГОСТ 19906-74).

Для корректировки pH в систему вносились слабые растворы соляной кислоты (ГОСТ 3118-77) и гидроксида натрия (ГОСТ 4328-77). Концентрация взвешенных частиц контролировалась путем обеспечения степени фильтрации технологических вод и внесения дополнительных взвешенных частиц заданной концентрации, полученной после проведения процессов механической фильтрации.

Для проведения физико-химического анализа воды использовалось оборудование, представленное в таблице 1.

Рыбохозяйственные показатели клариевого сома определялись по схеме И. Ф. Правдина и методикам Е. А. Зиновьева и С. А. Мандрицы [4, 5].

При проведении расчетов величина доверительной вероятности p принималась равной 95%, ей соответствует уровень значимости q , равный 5%, и ошибка $3S$. Обработка экспериментальных данных производилась при использовании прикладных математических программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel 2016.

Таблица 1. – Оборудование для проведения контроля за физико-химическим режимом водных растворов

Наименование	Измеряемый показатель	Погрешность измерений
Фотометр eXact Micro 20 с набором тест систем	Аммиак-аммоний ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) в мг/л Нитриты (NO_2^-) в мг/л Нитраты (NO_3^-) в мг/л	$\leq \pm 5 \%$
Измеритель ОБП Thermo Scientific серии ELITEORP	Окислительно-восстановительный потенциал в мВ	$\leq \pm 2 \text{ мВ}$
pH-метр для измерений с погружением Thermo Scientific серии ELITEPH	pH в ед.	$\pm 0,01 \text{ ед. pH}$
Прибор для определения TDS и электропроводности LH-N500	TDS в ppm	$\pm 0.5\%$
Влагозащищенный оксиметр Hanna HI9146-04	Растворенный кислород в мг/л	$\leq \pm 2 \%$
Измеритель температуры Handy MaxiTemp	Температура в градусах по Цельсию	$\leq \pm 0,1 \text{ }^\circ \text{C}$

Результаты и их обсуждение. В установках замкнутого водоснабжения основной контроль уделяется следующим азотистым соединениям:

- аммиак-аммоний ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) – основной продукт метаболизма и разложения органических веществ;
- нитриты (NO_2^-) – продукт первой реакции нитрификации, образуются под влиянием бактерий *Nitrosomonas*;
- нитраты (NO_3^-) – продукт второй реакции нитрификации, образуются под влиянием бактерий *Nitrobacter*.

По результатам анализа научных работ были определены концентрации азотистых соединений, в рамках которых проводились исследования, представленные в таблице 2. Группа номер один сформирована на основе значений технологических норм для выращивания объектов индустриальной аквакультуры, в группе номер два и три значения были увеличены кратно двум для определения влияния повышенных концентраций азотистых соединений на объект выращивания.

По данным группам были проведены исследования по определению воздействия азотистых соединений. Их результаты представлены в таблице 3. Контроль факторов среды производился раз в сутки, до подачи корма.

Азотистые соединения, попадающие через жаберный аппарат, вызывают функциональную анемию, метгемоглобинемию, гемическую и гистотоксическую гипоксию. Все эти заболевания приводят к нарушению метаболизма, перекисному окислению липидов, стрессам и ослаблению иммунитета, но за счет малого размера жаберного аппарата клариевого сома и наличия клария данный фактор не имеет такого широкого воздействия, как у лососевых или осетровых видов рыб, как следствие – сом переносит более высокие концентрации загрязнителя без существенного изменения темпов массонакопления. Этому свидетельствуют уменьшение относительного прироста в группе № II всего на 1,9%, и увеличение оплаты корма на 0,14 ед.

Таблица 2. – Значения концентраций азотистых соединений в проводимых исследованиях

Показатель	I	II	III	Тех норма
Аммиак-аммоний ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), мг/л	2,0-4,0	4,0-6,0	6,0-8,0	2,0-4,0
Нитриты (NO_2^-), мг/л	0,1-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,1-0,2
Нитраты (NO_3^-), мг/л	20-40	40-60	60,0-80,0	до 60

Таблица 3. – Результаты исследований по определению воздействия азотистых соединений на рыбохозяйственные показатели

Показатель/ ед. измерения	Номер группы согласно таблице 2.		
	I	II	III
Температура в бассейне, °C	25,30±0,28	24,80±0,21	24,90±0,15
Аммиак-аммоний, мг/л	2,24±0,04	5,24±0,06	7,26±0,06
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	0,13±0,001	0,35±0,002	0,48±0,002
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	29,80±0,27	52,36±0,23	72,57±0,25
pH, ед	7,69±0,07	7,75±0,07	7,83±0,08
ОВП, mV	74,25±0,75	62,64±0,79	27,07±0,77
TDS, ppm	276,43±3,65	323,86±3,96	486,00±3,98
Средняя масса особи, г			
начальная	349,85±4,76	347,26±4,33	352,12±4,54
конечная	431,62±5,12	421,80±4,84	409,78±5,08
Относительный прирост, %	23,37	21,47	16,38
Абсолютный прирост, г	81,77	74,54	57,66
Коэффициент массонакопления	0,10	0,09	0,07
Скорость роста, %	1,40	1,30	1,01
Период выращивания, сут.	15	15	15
Израсходовано корма, г			
на 1 особь	131,19	130,22	132,05
на ихтиомассу	3935,81	3906,67	3961,35
Оплата корма	1,60	1,74	2,29

Однако в группе № III снижение темпов массонакопления обусловлено повышенной секрецией слизи на коже и жабрах, причиной которой является высокая концентрация азотистых соединений. Организм рыбы расходует энергию на выработку защитного барьера в виде слизи, тем самым ухудшаются темпы роста и качество воды. Так, по сравнению с первой группой, относительный прирост снизился на 6,99%, а оплата корма возросла на 0,69 ед, согласно данным таблицы 3.

В группе № III наблюдалось обильное слизевотделение: при коагуляции слизи возникает дополнительная нагрузка на систему механической фильтрации, густым осадком начинают покрываться технологические узлы системы, дополнительная обработка которых приводит к повышению трудозатрат при выращивании. Согласно полученным результатам, представленных в таблице 3, высокие концентрации азотистых соединений оказывают негативное влияние как на скорость роста – снижение на 0,39% по сравнению с первой группой и на 0,29% со второй, так и на общую работу установки, вызывая дополнительную нагрузку на систему фильтрации, чему свидетельствует увеличение TDS на

209,57 ppm. В свою очередь, различия темпов среднесуточного прироста между группами № I и № II составляют всего 0,48 г в сутки, что позволяет без потерь темпов массонакопления выращивать клариевого сома при концентрации аммиак-аммония 4,0-6,0 мг/л, нитритов 0,2-0,4 мг/л, нитратов 40-60 мг/л. Данный фактор теоретически позволяет увеличить плотность посадки клариевого сома без увеличения производительности системы биологической очистки, что потенциально позволит повысить эффективность УЗВ.

Воздействие водородного показателя и окислительно-восстановительного потенциала. Водородный показатель (pH) и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) – важнейшие показатели качества технологической воды в УЗВ. Данные показатели оказывают существенное влияние на общую гидрохимическую картину и напрямую воздействуют на объект выращивания.

Считается, что рыба выдерживает значения pH от 6,0 до 9,5 без видимых изменений. Для максимальной продуктивности рекомендуется диапазон он 6,5 до 8. Показатель pH в системе также оказывает влияние на баланс аммиак-аммония: аммиак и ион аммония

находятся в химическом равновесии $\text{NH}_3 - \text{H}^+ - \text{NH}_4^+$, которое в щелочной среде смещается влево – связывание ионов водорода, а в кислотной вправо – образование аммония. Ион аммония не оказывает значительного негативного влияния на рыб, а вот аммиак, наоборот, особо токсичен. Аммиак является типичным нервным ядом, обладающим также гемолитическим и локальным действием. Картина острого отравления довольно характерна. В начальной стадии постепенно повышается возбуждение и обостряется чувствительность рыб к механическим и световым раздражителям. Затем развиваются сильные судороги, проявляющиеся как бы толчкообразными движениями рыб, дрожанием плавников. Рыбы теряют равновесие, опускаются на дно и лежат с широко раскрытым ртом, расставленными плавниками и жаберными крышками.

Также рН оказывает непосредственное влияние на форму углерода в оборотной воде: в слабокислой воде он в основном представлен диоксидом углерода (CO_2), в нейтральной – бикарбонатным ионом (HCO_3^-), а в слабощелочной – карбонат ионом (CO_3^{2-}). Все три соединения оказывают различное влияние на объект выращивания и систему.

ОВП нелинейно зависит от рН воды и также оказывает непосредственное влияние на рыбу. Вода с положительным значением ОВП (более +50) имеет ярко выраженные окислительные свойства, которые обеспечивают хорошее дезинфицирующее и бактерицидное воздействие на систему. Отрицательные же значения ОВП (более -50 мВ) позволяют ускорить регенеративные процессы, улучшается работка клеток, наблюдается улучшение обмена веществ. В природных водоемах в основном значения составляют от +20 до +100 мВ [6,7]. Значения рН, в рамках которых проводились исследования, представлены в таблице 4. Группы были сформированы по принципу нейтрального значения водородного показателя – № II, слабокислого – № I и слабощелочного – № III. Диапазон значений рН в каждой группе составлял 0,8 ед. Крайние значения в группах исследова-

ния соответствуют рекомендуемому режиму рН для выращивания рыбы в промышленных условиях [8].

Согласно данным значениям были проведены исследования по определению влияния водородного показателя на рыбохозяйственные показатели, результаты которых представлены в таблице 4.

Изменение водородного показателя в рамках допустимых значений не оказало значительного влияния на выращиваемый объект: так оплата корма по сравнению со II группой (близкой к нейтральному значению) увеличилась лишь на 0,02 ед в слабокислой воде и на 0,10 в слабощелочной. Относительный прирост также по сравнению со II группой в I уменьшился на 0,28% и в III – на 1,36 % соответственно. Не было замечено различий в поведении объекта выращивания, сом был активен, потреблял всю разовую норму кормления менее чем за 5 минут. Из результатов, приведенных в таблице 4, можно сделать вывод, что изменение водородного показателя в пределах от 6,41 до 8,27 не оказывает влияния на темпы массонакопления клариевого сома. Однако в определении влияния рН на темпы роста следует учитывать также то, что изменение активной реакции среды в ту или иную сторону от нейтральной значительно влияет на устойчивость рыб к загрязнителям, изменяя степень токсичности ядовитых веществ. При этом имеются в виду не крайние величины рН, токсически действующие сами по себе, а те, которые входят в границу технологической нормы. Это касается, в первую очередь, аммиака и солей аммония. Объясняется это явление тем, что активная реакция среды изменяет степень диссоциации ионизирующих веществ, в результате чего изменяется их токсичность. На основании результатов, представленных в таблицах 3 и 5, были определены концентрации азотистых соединений и активность реакции среды с целью установления влияния аммиака, аммония, нитритов и нитратов на объект выращивания при слабокислом и слабощелочном рН (таблица 6).

Таблица 4. – Значения водородного показателя в проводимых исследованиях

Показатель	I	II	III
рН, ед	6,0-6,8	6,8-7,6	7,6-8,4

Таблица 5. – Результаты исследований по определению воздействия рН на рыбохозяйственные показатели

Показатель	Номер группы согласно таблице 4		
	I	II	III
Температура в бассейне, °С	25,38±0,44	24,90±0,26	25,05±0,29
Аммиак-аммоний, мг/л	2,30±0,04	2,25±0,04	2,28±0,04
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	0,18±0,002	0,17±0,002	0,17±0,002
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	36,50±0,28	37,90±0,26	39,20±0,28
рН, ед	6,41±0,07	7,38±0,07	8,27±0,08
ОВП, mV	64,5±0,66	40,2±0,68	-98,4±0,85
TDS, ppm	234,60,50±2,54	241,50±2,77	238,70±2,58
Средняя масса, г начальная	478,20±4,81	463,17±4,70	469,98±5,01
	586,92±5,12	569,80±5,28	571,78±5,09
Относительный прирост, %	22,74	23,02	21,66
Абсолютный прирост, г	108,72	106,63	101,8
Коэффициент массонакопления	0,11	0,11	0,11
Скорость роста, %	1,37	1,38	1,31
Период выращивания, сут.	15	15	15
Израсходовано корма, кг на 1 особь	179,33	173,69	176,24
	5379,75	5210,66	5287,28
Оплата корма	1,65	1,63	1,73

Таблица 6. – Значения концентрации азотистых соединений и водородного показателя в проводимых исследованиях

Показатель	I	II
рН, ед	6,0-6,8	7,6-8,4
Аммиак-аммоний (NH ₃ /NH ₄ ⁺), мг/л	4,0-6,0	
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	0,2-0,4	
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	40,0-60,0	

По вышеуказанным показателям были подготовлены модельные растворы оборотных технологических вод УЗВ для проверки влияния азотистых соединений при различных значениях рН, результаты представлены в таблице 7.

Изменение водородного показателя в слабощелочную сторону до значения рН 6,23 оказало положительное влияние на темпы роста сома, по сравнению с слабощелочным раствором – рН 8,30. Так, согласно ОСТ 155 372-87, в группе № I при средней температуре 25,14±0,44 °С и рН 6,23 доля растворенного аммиака составляет 0,06%, или 0,003 мг/л, в группе № II при средней температуре

25,0±0,18 °С и рН 8,30 доля растворенного аммиака составляет 15,3%, или 0,774 мг/л. Влияние растворенного аммиака, как особо токсического вещества, при схожих значениях концентрации азотистых соединений (разница между концентраций аммиак-аммония в группе № I и № II составляет 0,16 мг/л) снизило общие темпы массонакопления клариевого сома в группе со слабощелочным раствором рН. Значения оплаты окорма в группе № I ниже на 0,49 ед., что свидетельствует о более эффективном потреблении корма; относительный прирост в группе № I увеличился на 4,41% по сравнению с группой № II.

Таблица 7. – Результаты исследований по определению воздействия азотистых соединений при измененном водородном показателе на основные рыбохозяйственные показатели

Показатель	Номер группы согласно таблице 6	
	I	II
Температура оборотных вод, °C	25,14±0,44	25,0±0,18
Аммиак-аммоний, мг/л	5,22±0,06	5,06±0,06
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	0,31±0,002	0,24±0,002
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	53,68±0,24	57,24±0,25
pH, ед	6,23±0,06	8,30±0,07
ОВП, mV	-103,4±0,83	+13,50±0,77
TDS, ppm	436,43±4,15	445,71±4,22
Средняя масса, г начальная	465,77±4,43	499,13±4,52
	562,81±5,20	581,11±5,31
Относительный прирост, %	20,83	16,42
Абсолютный прирост, г	97,04	81,98
Коэффициент массонакопления	0,10	0,08
Скорость роста, %	1,26	1,01
Период выращивания, сут.	15	15
Израсходовано корма, г на 1 особь	174,66	187,17
	5239,91	5615,21
Оплата корма	1,79	2,28

Таким образом, можно сделать вывод, что при повышении концентрации аммиак-аммония в рыбоводных емкостях до уровня 4,0-6,0 мг/л целесообразно произвести снижение pH до значений 6,0-6,8 с целью снижения воздействия загрязнителя на темпы массонакопления клариевого сома и сохранения относительного прироста на уровне 20,83%, оплаты корма 1,79 и увеличения среднемесячного прироста на 30,3 грамма.

Воздействие взвешенных органических веществ. Процесс механической фильтрации не обеспечивает полное удаление механических загрязнений из системы. Степень удаления зависит от компоновки УЗВ и диаметра ячеей микросита барабанного фильтра. При выращивании клариевого сома проблемными являются взвешенные органические вещества диаметром менее 30 мкм. По данным В.И. Лукьяненко, высокие концентрации взве-

шенных веществ (ВВ) оказывают негативное влияние на физиолого-биохимические параметры рыб и ослабляют иммунную систему [9].

На основании анализа научных работ определены границы концентрации ВВ, в рамках которых проводились исследования, они представлены в таблице 8. Группы были сформированы на основании регламента с поэтапным двукратным увеличением концентрации ВВ.

Согласно данным значениям были проведены исследования по определению влияния концентрации ВВ на основные рыбохозяйственные показатели (таблица 9).

При увеличении концентрации взвешенных веществ в УЗВ наблюдается повышение концентрации азотистых соединений в системе, сравнение полученных результатов представлено на рисунке 1.

Таблица 8.– Значения концентрации взвешенных веществ в проводимых исследованиях

Показатель	I	II	III
Взвешенные вещества, мг/л	10–20	20–40	40–60

Таблица 9. – Результаты исследований по определению воздействия концентрации взвешенных органических веществ на рыбохозяйственные показатели

Показатель	Номер группы согласно таблице 8		
	I	II	III
Температура в бассейне, °C	24,96±0,17	25,16±0,30	24,93±0,12
Аммиак-аммоний, мг/л	2,21±0,04	4,75±0,05	6,87±0,05
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	0,15±0,001	0,29±0,002	0,42±0,003
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	37,12±0,31	53,35±0,44	68,81±0,50
pH, ед	7,59±0,07	7,32±0,07	7,07±0,07
ОВП, mV	76,15±0,77	108,19±0,83	142,21±1,12
TDS, ppm	158,57±1,64	264,07±2,88	382,07±4,12
Взвешенные вещества, мг/л	17,50±0,29	34,28±0,34	52,64±0,73
Растворенный кислород, мгO ₂ /л	7,03±0,04	6,12±0,06	5,01±0,06
Средняя масса, г			
конечная	437,64±5,23	434,47±5,18	428,12±5,14
Относительный прирост, %	23,74	20,85	15,79
Абсолютный прирост, г	83,96	74,98	58,37
Коэффициент массонакопления	0,11	0,09	0,07
Скорость роста, %	1,42	1,26	0,98
Период выращивания, сут.	15	15	15
Израсходовано корма, г на 1 особь	132,63	134,81	138,66
	3978,90	4044,26	4159,69
Оплата корма	1,58	1,80	2,38

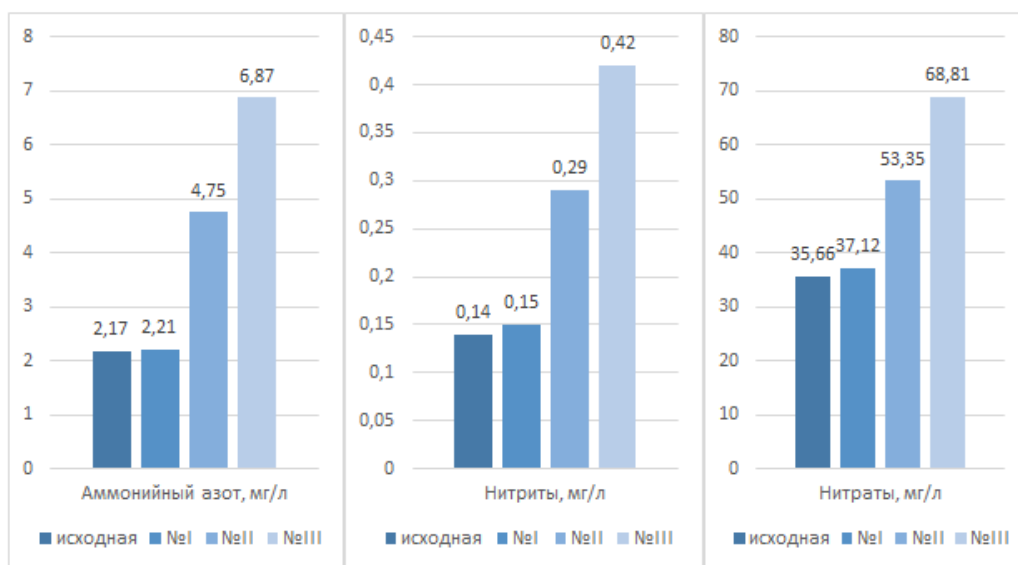


Рисунок 1. – Изменение средних значений концентрации азотистых соединений при повышении концентрации взвешенных соединений при выращивании клариевого сома

Рост значений аммиак-аммония, в первую очередь, вызван аммонификацией взвешенных веществ: в группах № III и № II наблю-

дается дезаминирование белковых элементов с выделением конечного продукта – аммиака.

Протекание этого процесса также сопровождается снижением уровня рН, так как при протекании реакций происходит замена аминогруппы аминокислоты на гидроксильную группу. По сравнению со значениями в группе № I, в группах № II и № III водородный показатель снизился на 0,27 и 0,52 ед. соответственно.

Важным фактором при протекании процессов аммонификации является концентрация растворенного кислорода: он расходуется как на прохождение химических процессов в системе, так и микроорганизмами при гниении органических элементов. На рисунке 2 представлены графики изменения концентрации аммонийного азота и растворенного кислорода при выращивании клариевого сома в системах с различной концентрацией взвешенных веществ.

Как видно из графиков, увеличение концентрации взвешенных веществ приводит к снижению концентрации растворенного кислорода. Все три группы имели начальную концентрацию растворенного кислорода 7,12 мгО₂/л. В группе № I данное значение практически не изменилось и составило 7,03 мгО₂/л, но с увеличением нагрузки на систему путем повышения концентрации взвешенных веществ до 34,28 мг/л средний уровень растворенного кислорода в системе № II упал на 1,00 мгО₂/л, при дальнейшем увеличении концентрации взвешенных веществ до уровня 52,64 мг/л концентрация растворенного кислорода в группе № III упала на 2,11 мгО₂/л, что свидетельствует о прохождении взаимосвязанных процессов.

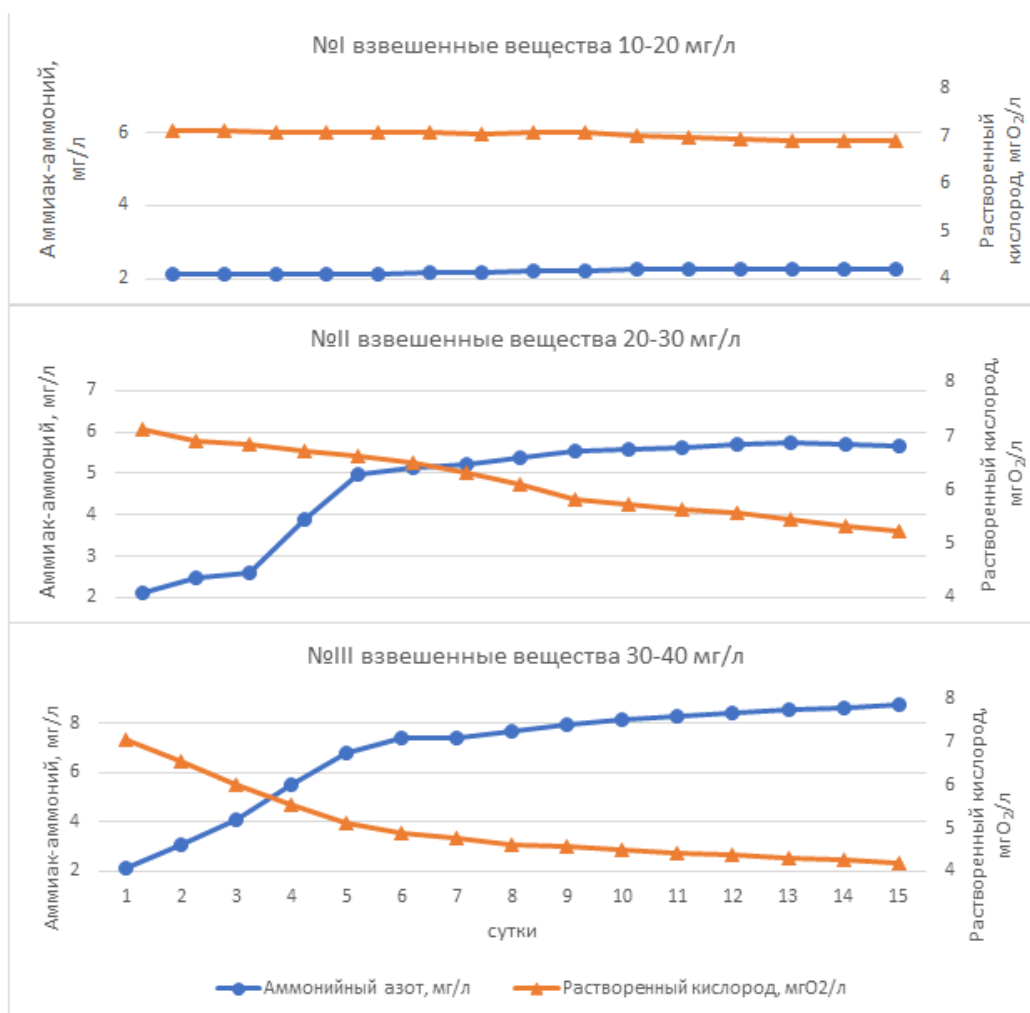


Рисунок 2. – Влияние взвешенных веществ различной концентрации на аммонийный азот и растворенный кислород в системе при выращивании клариевого сома

Увеличение аммонификационных процессов, вызванное изменением концентрации взвешенных веществ, повлияло на рост аммонийного азота в системе, а также на снижение уровня растворенного кислорода. Данные факторы оказали влияние на рыбохозяйственные показатели: относительный прирост в группах № II и № III снизился на 2,89 и 7,95% по сравнению с группой № I. Ухудшение гидрохимического режима в системах № II и № III привело к увеличению оплаты корма на 0,22 и 0,80 ед. соответственно, по сравнению с группой № I. Увеличение концентрации взвешенных соединений также привело к снижению темпов скорости роста и массонакопления, оказав общий негативный эффект на всю систему.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что увеличение концентрации взвешенных веществ до уровня более 20 мг/л оказывает негативное влияние как на гидрохимический режим, так и на темпы роста и массонакопления клариевого сома.

Заключение. В ходе проведения исследований по определению влияния факторов среды на рыбохозяйственные показатели при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) было установлено что:

– культивирование средневозрастных групп клариевого сома в водных растворах с повышенной концентрацией аммиакаммоний 4,0-6,0 мг/л, нитритов 0,2-0,4 мг/л, нитратов 40-60 мг/л, не оказывает существенного влияния на общие темпы массонакопления сома и позволяет обеспечить относительный прирост на значениях выше 20% и среднесуточный прирост 5 г/сутки;

– изменение pH среды выращивания в пределах от 6,41 до 8,27 не оказывает влияния на темпы массонакопления клариевого сома: не было замечено различий в поведении объекта выращивания, сом был активен, потреблял всю разовую норму кормления менее чем за 5 минут; показатели оплаты корма и относительного прироста не имеют весомых отличий;

– при повышении концентрации аммиакаммония в рыбоводных емкостях до уровня 4,0-6,0 мг/л целесообразно произвести снижение pH до значений 6,0-6,8 с целью снижения воздействия загрязнителя на темпы массонакопления клариевого сома и сохра-

нения относительного прироста на уровне 20,83%, оплаты корма 1,79 и среднемесячного прироста 30,3 грамма;

– увеличение концентрации взвешенных веществ до уровня более 20 мг/л оказывает негативное влияние как на гидрохимический режим (снижение концентрации растворенного кислорода в системе на 13-28% и аммонификация вызывающая рост азотосодержащих веществ в системе), так и на темпы роста и массонакопления клариевого сома, повышая оплату корма на 0,8 ед.

Список литературы

1. Хрусталева, Е. И. Биотехнические аспекты выращивания клариевого сома в УЗВ в условиях калининградской области / Е. И. Хрусталева, К. А. Молчанова, Т. М. Куропова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 2020. – № 3. – С. 99-106.
2. Вода для рыбных хозяйств. Общие требования и нормы Минрыбхоз СССР: ОСТ 15.372-87. – Взамен ОСТ 13.247-81; введ. СССР 10.12.87. – Министерством рыбного хозяйства СССР, 1987. – 19 с.
3. Хрусталева, Е. И. Оценка ростовой потенции канального и клариевого сомов, обосновывающая полициклические технологии выращивания / Е. И. Хрусталева // Рыбное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 65-68
4. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с
5. Зиновьев, Е. А. Методы исследования пресноводных рыб/ Е. А. Зиновьев, С. А. Мандрица. – Пермь: Пермский государственный университет, 2003. – 113 с.
6. Бахир, В. М. Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов. / В. М. Бахир; под ред. В. М. Бахира. – М.: Из-во «Маркетинг Саппорт Сервисиз», 2001. – 175 с.
7. Бахир, В. М. Медико-технические системы и технологии для синтеза электрохимически активированных растворов / В. М. Бахир - М.: ВНИИИМТ МЗ РФ, 1998. – 66 с.
8. Фаттолахи М. Рост африканского сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установки с замкнутым водоснабжением (УЗВ) / М.

Фаттолахи, В. А. Власов // Межведомственный сборник научных и научно-методических трудов «Проблемы аквакультуры», 2005. – № 4. – С. 65-68

9. Лукьяненко, В. И. Общая ихтиотоксикология/ В. И. Лукьяненко – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 320 с.

References

1. Hrustalev E.I., Molchanova K.A., Kurapova T.M. Biotehnicheskie aspekty vyrashhivaniya klarievogo soma v UZV v uslovijah kaliningradskoj oblasti [Biotechnical aspects of growing clarium catfish in a recirculation system in the conditions of the Kaliningrad region]. *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvashhej promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of food and processing industry agro-industrial complex - healthy food products], 2020, no. 3, pp. 99-106. (In Russian)
2. OST 15.372-87. *Voda dlja rybnih hozjajstv* [Industry standard 15.372-87. Water for fisheries] Ministry of Fisheries of the USSR, 1987, 19 p. (In Russian)
3. Hrustalev E.I. Ocenka rostovoj potentsii kanal'nogo i klarievogo somov, obosnovyvajushhaja policiklichnye tehnologii vyrashhivaniya [Assessment of the growth potency of canal and clarium catfish, justifying polycyclic growing technologies] *Rybnoe hozjajstvo* [Fisheries], 2010, no. 4, pp. 65-68. (in Russian)
4. Pravdin, I.F. *Rukovodstvo po izucheniju ryb (preimushhestvenno presnovodnyh)* [Guide to the study of fish (mainly freshwater)]. Moscow, Pishhevaja promyshlennost', 1966, 376 p. (in Russian)
5. Zinov'ev, E.A. *Metody issledovanija presnovodnyh ryb* [Methods for studying freshwater fish]. Perm', Permskij gosudarstvennyj universitet, 2003, 113 p. (in Russian)
6. Bahir, V.M. *Jelektrohimicheskaja aktivacija: ochildka vody i poluchenie poleznyh rastvorov* [Electrochemical activation: water purification and production of useful solutions]. Moscow, Marketing Support Servisiz, 2001, 175 p. (in Russian)
7. Bahir, V.M. *Mediko-tehnicheskie sistemy i tehnologii dlja sinteza jelektrohimicheski aktivirovannyh rastvorov* [Medical-technical systems and technologies for the synthesis of electrochemically activated solutions]. Moscow, VNIIMT MZ RF, 1998, 66 p. (in Russian)
8. Fattolahi M., Vlasov V.A. Rost afrikanskogo soma (*Clarias gariepinus*) v uslovijah ustanovki s zamknutym vodosnabzheniem (UZV) [Growth of African catfish (*Clarias gariepinus*) in an installation with a closed water supply (RAS)]. *Mezhvedomstvennyj sbornik nauchnyh i nauchno-metodicheskikh trudov «Problemy akvakul'tury»* [Interdepartmental collection of scientific and scientific-methodological works “Problems of aquaculture”]. Moscow, 2005, pp. 21 - 25. (In Russian)
9. Bahir, V.M. *Obshhaja ihtiotoksikologija* [General ichthyotoxicology]. Moscow, Legkaja i pishhevaja prom-st', 1983, 320 p. (in Russian)

Received 4 October 2024