

УДК 639.3.05

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2026-173-1-13-18>

РЫБОВОДНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОГО КЛАРИЕВОГО СОМА В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С СИСТЕМОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ

А.В. Козырь,

ст. преподаватель Полесского государственного университета

Е.В. Таразевич,

профессор каф. технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, докт. с.-х. наук, профессор

*В статье определено влияние разработанной системы интенсификации технологических процессов в тепловодной установке замкнутого водоснабжения (УЗВ), состоящей из электрофлотационного модуля, безреагентного рН корректора и фитомодуля, на ресурсоэффективность системы выращивания. Дана рыбоводно-технологическая оценка получения товарного клариевого сома (*Clarias gariepinus*) с применением системы интенсификации.*

*Ключевые слова: клариевый сом (*Clarias gariepinus*), факторы среды, система интенсификации, товарное выращивание, ресурсоэффективность.*

*The influence of the developed system for intensifying technological processes in a recirculating aquaculture system (RAS) heated-water installation, consisting of an electroflotation module, a reagent-free pH corrector, and a phytomodule, on the resource efficiency of the cultivation system was determined. Fish farming and technological assessment of marketable African catfish (*Clarias gariepinus*) production using the intensification system is provided.*

*Keywords: *Clarias gariepinus*, environmental factors, intensification system, marketable cultivation, resource efficiency.*

Введение

Одним из наиболее активно развивающихся направлений индустриальной аквакультуры являются тепловодные установки замкнутого водоснабжения. Данные установки получают все большее распространение, так как для них характерны интенсивные плотности посадки культивируемой рыбы, а также высокие темпы роста и массонакопления. Исследованиями в области выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в замкнутых установках занимались многие ученые-рыбоводы России (М. Фаттолахи, Е.И. Хрусталева, Е.В. Федорова) [1-3] и Беларуси (В.В. Ярмош, В.В. Шумак) [4, 5]. Производительность получения товарной продукции с 1 м³ рыбоводных емкостей в таких системах может достигать 800-900 кг в год при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) и до 400-450 кг мозамбикской тиляпии (*Oreochromis mossambicus*). В настоящее время в мире ведутся исследования по разработке различных технологий интенсивного выращивания клариевого сома в УЗВ. Основными авторами по данному направлению являются – С.Е. Indriastuti, S.K. Amponsah, J. Bovendeur [6-8].

Вместе с тем интенсивные технологии выращивания вызывают ряд негативных технологических и

экологических аспектов (высокая продуктивность увеличивает нагрузку на системы механической и биологической фильтрации оборотных вод, приводит к накоплению азотистых соединений и мелкодисперсных взвесей, повышает потребность в подаче свежей воды и требует внесения химических реагентов для коррекции рН).

Современные подходы к интенсификации технологических процессов в УЗВ ориентированы на комплексное повышение ресурсоэффективности: снижение объемов подачи свежей воды, минимизацию ввода реагентов и повышение эффективности удаления механических и химических загрязнителей. Все большее распространение в смежных отраслях получают технологии активного окисления (AOPs). Они применяются для очистки природных и сточных вод, позволяют отказаться от использования химических реагентов, исключить рост соленосодержания в воде, получать необходимые продукты непосредственно из обрабатываемой воды. Особенно эффективно использование этих методов в безотходных и малоотходных технологиях в замкнутых системах, где ввод любого вещества в систему неизбежно приводит к его накоплению, каковой и является УЗВ.

Целью настоящей работы является определение воздействия системы интенсификации технологиче-

ских процессов в УЗВ на скорость роста и массонакопление клариевого сома, а также на комплексную ресурсоэффективность системы выращивания.

Основная часть

Исследования проводились на базе УНЛ «Инжиниринговый центр» Полесского государственного университета. Согласно плану проведения исследований, УЗВ были предварительно смонтированы из физических модулей, гидравлически отлажены и запущены. На рисунке 1 представлены технологические схемы контрольной и опытной УЗВ. Контрольная УЗВ разработана на основании схемы, предложенной И.В. Проскуренко, и считается классической в индустриальной аквакультуре [9, 10]. Каждая из УЗВ имела 4 цилиндрические рыбоводные емкости, изготовленные из полипропилена, систему механической фильтрации, представленную барабанным фильтром,

систему биологической фильтрации с подвижной биозагрузкой (полезная площадь – 750 м²/м³).

В опытную УЗВ была включена разработанная система интенсификации технологических процессов, состоящая из электрофлотационного модуля, позволяющего удалять микровзвеси и производить первичную деструкцию органических соединений; безреагентного рН-корректора, позволяющего производить разделение оборотных вод на католит и анолит, с возможностью направления оборотных вод с различными значениями рН на технологические процессы, требующие дифференцированных показателей; фитомодуля, являющегося способом удаления нитратов из системы и позволяющего получать дополнительную фитопroduкцию.

Внедрение данных технологий потенциально позволило бы эффективно использовать уже функционирующие УЗВ, а также повысить плотность посад-

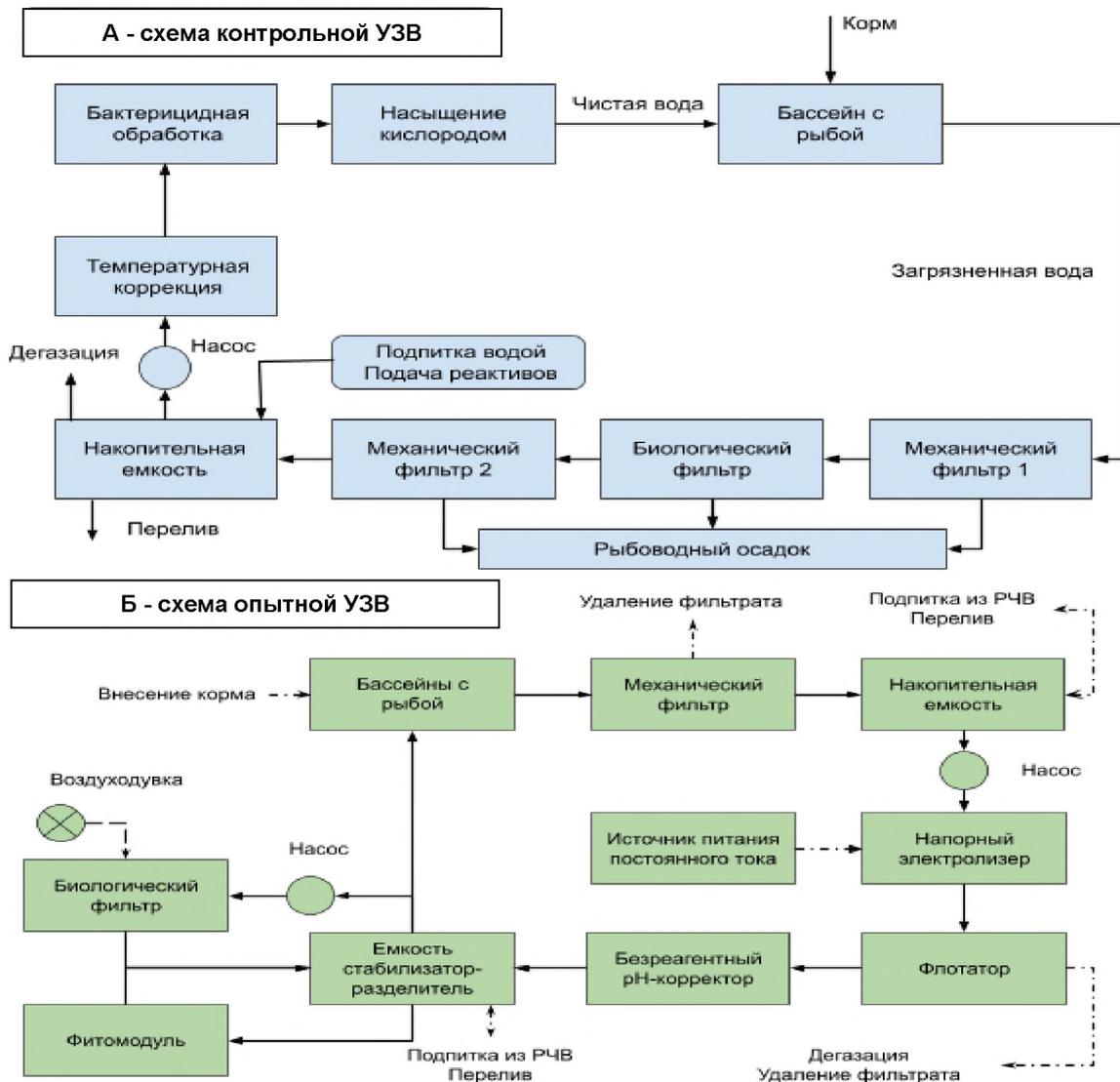


Рисунок 1. Технологические схемы контрольной и опытной УЗВ: А – контрольная схема, предложенная И.В. Проскуренко; Б – опытная схема (авторская разработка)

ки клариевого сома.

С целью организации производственного процесса была усовершенствована технологическая схема получения товарного клариевого сома в УЗВ (рис. 2). Производственный процесс осуществлялся на основе результатов собственных исследований авторов, значения и подходы которых сопоставимы с данными, представленными в работе Е.И. Хрусталева [11].

Согласно особенностям биотехники выращивания клариевого сома, технологический процесс разделен на этапы, необходимые для контроля за темпом массонакопления и необходимостью сортировки его по среднештучной массе. Проведение сортировки по среднештучной массе сома позволяет значительно исключить каннибализм, а при отсутствии стресса и сбалансированном кормлении – практически избежать его после достижения массы 250-300 г.

Кормление сома на этапах выращивания 1 и 2 производилось автоматическими шнековыми кормораздатчиками, норма корма делилась на 4 равные части. Кормление на этапах 3, 4 производилось вручную (утром и вечером), что позволяло повысить эффективность кормления (рис. 2).

Для корректировки рН (по мере снижения его ниже нормативного) в контрольную систему вносился бикарбонат натрия (ГОСТ 2156-76 «Натрий двууглекислый»). Гидрохимические показатели определяли по общепринятым методикам: СТБ 17.13.05-19-2010; ISO/TS 13530:2009 «Качество воды. Руководство по аналитическому контролю при проведении химических и физико-химических испытаний воды»; ГОСТ 33045-2014 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ». Исследование показателей проводили ежедневно.

Для оценки эффективности разработанной си-

стемы интенсификации было произведено зарыбление УЗВ, функционирующей по различным технологическим схемам, результаты которого представлены в таблице 1.

Все показатели при проведении зарыбления находились в пределах нормативных значений, предусмотренных разработанной технологией выращивания. Ежедневно производился контроль гидрохимических показателей в системах с целью оценки эффективности работы модулей механической и биологической очистки. Контрольными точками являлись рыбоводные бассейны и накопительная емкость после биологической фильтрации. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Применение системы интенсификации позволило поддерживать концентрацию азотистых соединений на значениях в пределах нормы, а также интенсифицировать процессы биологической очистки. Эффективность удаления аммиак-аммония в опытной системе была выше на 27,78 %, нитритов – на 46,50 %, а использование фитомодуля в опытной УЗВ позволило снизить концентрацию нитратов в 4,18 раза. За счет применения безреагентной рН коррекции существенно удалось снизить концентрацию TDS в опытной системе (на 71,38 %). Использование флотационной системы позволило интенсифицировать удаление механических загрязнений, особенно микровзвесей. Проведенный анализ эффективности системы механической фильтрации показал, что комбинация механического барабанного фильтра и флотационной установки позволила обеспечить удаление загрязнителей с эффективностью 79,01 %. В контрольной же системе данный показатель составил 57,18 %, что на 21,83 % ниже, чем в опытной системе.

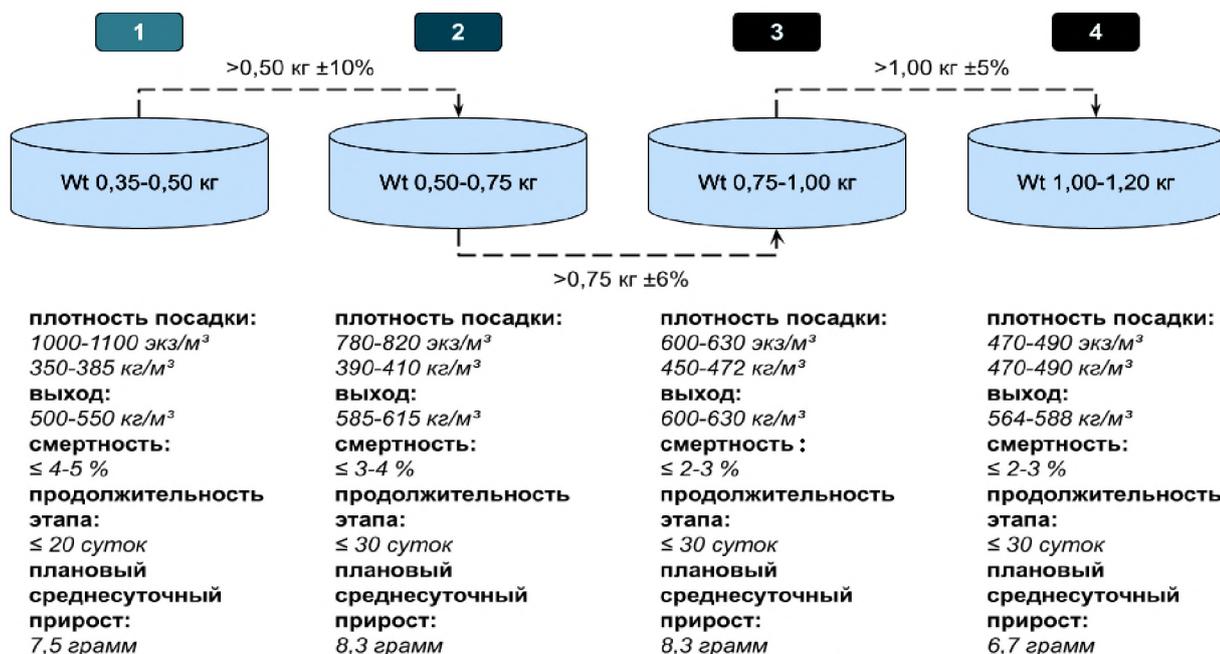


Рисунок 2. Технологическая схема получения товарного клариевого сома

Таблица 1. Основные рыбоводно-технологические показатели при зарыблении систем выращивания клариевого сома

Показатель	Наименование емкости/цикла	Целевое значение/диапазон	Фактическое значение (S±s)	
			Опыт	Контроль
Биомасса посадочного материала, кг	1	350,00-385,00	353,29	364,97
	2	390,00-410,00	408,20	394,56
	3	450,00-472,00	462,27	470,08
	4	470,00-490,00	485,11	477,35
Средняя масса особи, кг	1	0,350 ± 15 %	0,344±0,013	0,352±0,014
	2	0,500 ± 10 %	0,522±0,024	0,490±0,021
	3	0,750 ± 6 %	0,742±0,032	0,764±0,036
	4	1,000 ± 5 %	1,017±0,050	0,992±0,048
Плотность посадки, экз./м ³	1	1000-1100	1027	1035
	2	780-820	782	806
	3	600-630	623	615
	4	470-490	477	481
Коэффициент вариальности масс, %	1	до 10	9,12	9,65
	2	до 10	8,43	8,17
	3	до 15	12,40	11,77
	4	до 15	10,61	9,38
Смертность после зарыбления, %	1	до 2	0,48	0,44
	2	до 2	1,22	1,30
	3	до 1	Отсутствует	Отсутствует
	4	до 1	Отсутствует	Отсутствует

Таблица 2. Гидрохимические показатели контрольных точек в системах выращивания

Наименование показателя	Опытная система (S±s)	Контрольная система (S±s)	Опытная система (S±s)	Контрольная система (S±s)
	в рыбоводных емкостях		после биофильтрации	
Температура, °C	26,38±0,27	26,42±0,27	26,77±0,29	26,09±0,25
ОВП, mV	38,12±21,63	23,19±1,96	112,01±6,14	62,55±4,21
pH	6,24±0,31	7,32±0,32	6,73±0,29	6,33±0,30
O ₂ , мг/л	4,76±0,22	3,84±0,33	5,45±0,26	2,77±0,25
TDS, ppm	347,15±9,33	678,37±41,56	203,94±8,12	712,68±43,21
NH ₃ /NH ₄ ⁺ , мг/л	7,84±0,31	8,74±0,42	4,31±0,12	7,32±0,51
NO ₂ , мг/л	0,37±0,01	0,39±0,01	0,16±0,01	0,35±0,01
NO ₃ , мг/л	51,16±2,06	459,67±29,84	39,77±1,87	435,19±28,14
	Рыбоводные емкости (система отвода загрязнений) (S±s)		После механической фильтрации (S±s)	
Взвешенные вещества, мг/л	44,36±1,73	64,72±12,13	9,31±0,52	26,42±6,19
Мутность, NTU	42,11±1,35	46,80±3,54	15,41±0,65	35,74±2,61

Кормление сома производили в обеих системах после адаптационного периода, проведенного с целью снижения стресса. Нормы кормления были идентичными. Основные показатели в области кормления представлены в таблице 3. На основании анализа полученных результатов можно сделать вывод о повышении показателя оплаты корма на всех стадиях выращивания, по сравнению с экспериментальной системой. Так, на первом этапе рост составил 23,58 %, на втором – 12 %, на третьем и четвертом – 27,61 % и 11,06 % соответственно. Средний показатель оплаты корма в опытной системе составил 1,76, в то время как в экспериментальной – 1,49. Использование системы интенсификации технологических процессов позволило снизить показатель оплаты корма на 18,12 %.

Одним из факторов, повлиявших на повышение оплаты корма в классической системе, является стресс рыбы, полученный от воздействия на нее нега-

тивных факторов среды выращивания. При ухудшении гидрохимического режима фиксировались случаи неполного потребления задаваемого корма.

После 30 суток выращивания был произведен полный вылов сома с целью контроля показателей прироста массы, а также определения смертности. Результаты облова представлены в таблице 3.

Согласно результатам облова, прирост ихтиомассы за производственный цикл в опытной системе составил 541,32 кг против 429,07 кг в контроле. Общая смертность в опытной системе составила 59 особей, в контрольной – на 33 % выше. Коэффициент вариальности массы (Cv) в опытной группе был стабильно ниже на всех циклах выращивания. В опытной системе рыба росла более равномерно, что важно с точки зрения недопущения каннибализма.

Полученные значения средних масс сома в контроле соответствуют нижней границе интервальных значе-

Таблица 3. Основные рыбоводно-технологические показатели выращивания сома

Показатель	1 цикл (S±s)		2 цикл (S±s)		3 цикл (S±s)		4 цикл (S±s)	
	20 сут.		30 сут.		30 сут.		30 сут.	
Период выращивания	20 сут.		30 сут.		30 сут.		30 сут.	
Норма внесения	2,0 % от массы		1,8 % от массы		1,5 % от массы		1,2 % от массы	
Группа исследований	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.
Израсходовано корма, кг на одну особь на ихтиомассу	0,206	0,212	0,282	0,264	0,334	0,344	0,366	0,357
	211,97	218,98	220,43	213,06	208,02	211,54	174,63	171,85
Оплата корма	1,23	1,52	1,25	1,40	1,34	1,71	2,17	2,41
Ихтиомасса, кг начальная	353,29	364,97	408,20	394,56	462,27	470,08	485,11	477,35
	512,37	491,98	572,43	524,87	607,83	579,97	557,56	539,22
Прирост ихтиомассы, кг	159,08	127,01	164,23	130,31	145,56	109,88	72,45	61,87
Средняя масса особи, кг								
Начальная	0,344 ±0,014	0,352 ±0,016	0,522 ±0,018	0,490 ±0,022	0,742 ±0,014	0,764 ±0,031	1,017 ±0,042	0,965 ±0,039
	0,512 ±0,021	0,491 ±0,021	0,747 ±0,031	0,679 ±0,029	0,992 ±0,043	0,992 ±0,047	1,186 ±0,052	1,140 ±0,056
Зарыблено, экз.	1027	1035	782	806	623	615	477	481
	1001	1002	766	773	613	601	470	473
Смертность, % от биомассы, экз.	2,53	3,19	2,05	4,09	1,61	2,28	1,47	1,66
	26	33	16	33	10	14	7	8
Коэффициент вариabilityности массы рыбы (Cv), %	7,42	7,51	7,15	7,22	6,87	6,98	6,44	6,53

ний технологической схемы товарного выращивания. При полноциклическом выращивании существует риск недобора массы на финальных стадиях выращивания до значений, определенных для дальнейшей реализации.

В процессе проведения эксперимента производился контроль потребления воды путем установки соответствующих приборов учета на систему подпитки. Вода накапливалась в резервуаре чистой воды, где происходило насыщение ее кислородом и обеззараживание. В емкостях, являющихся самыми низкими точками системы, были установлены системы контроля уровня воды, позволяющие в автоматическом

режиме восполнять потери на испарение. Объемы потребления подпиточной воды приведены в таблице 4.

Итого: стоимость подпитки в контрольной системе составила 66,43 руб. в месяц, а в опытной – 34,69 руб. Использование систем интенсификации позволило поддерживать гидрохимический режим на приемлемых показателях, а использование фитомодуля – удалять нитраты из оборотных вод, снижая, тем самым, процент подменной воды и общие затраты на водоподготовку. Для корректировки pH в контрольной системе использовались реагенты (9,75 кг бикарбоната натрия за месяц, на сумму 27,30 руб).

Таблица 4. Сравнение затрат для получения товарного клариевого сома

Показатель		Опыт			Контроль	
Стоимость корма, руб.		3718,36			3716,63	
Стоимость подпитки и реагентов, руб.		93,73			34,69	
Стоимость электроэнергии, руб.		324,68			424,97	
Итого:		4136,77			4176,29	
Себестоимость 1 кг прироста ихтиомассы		9,64			7,72	
Показатель	Объем в сутки, м ³	Объем в месяц, м ³	% от общего объема системы	Стоимость воды в месяц, руб.	Водоподготовка	
					Затраты электроэнергии, кВт/месяц	Стоимость водоподготовки, руб.
Опыт	0,43	12,75	6,54	19,14	52,36	15,55
Контроль	0,89	26,73	13,71	40,13	109,77	26,30

За счет создания оптимальных условий выращивания и снижения стрессовых факторов в экспериментальной системе удалось получить больший прирост, который при равных затратах на корм и сопоставимых затратах на функционирование системы обеспечил снижение себестоимости одного кг прироста на 19,92 %.

Заключение

Использование системы интенсификации в тепловой УЗВ при выращивании клариевого сома позволяет:

1. Интенсифицировать процессы биологической очистки воды, обеспечив повышение эффективности удаления аммиак-аммония на 27,78 %, нитритов – на 46,50 %, нитратов – в 4,18 раза, снизить концентрацию TDS на 71,38 %.
2. Удалить 21,83 % механических мелкодисперсных загрязнителей и снизить мутность воды в 2,7 раза.
3. Повысить уровень рециркуляции воды в УЗВ на 7,17 % и снизить себестоимость производства одного кг товарной продукции на 1,92 руб.
4. Получить прирост ихтиомассы в опытной системе 541,32 кг против 429,07 кг в контрольной. Общая смертность сома в опытной системе составила 59 особей, в контрольной – на 33 % выше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фаттолахи, М. Рост африканского сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установки с замкнутым водоснабжением (УЗВ) / М. Фаттолахи, В.А. Власов // Проблемы аквакультуры: межвед. тематич. сб. науч. и науч.-метод. тр. – 2005. – № 4. – С. 65-68.
2. Хрусталева, Е.И. Биотехнические аспекты выращивания клариевого сома в УЗВ в условиях Калининградской области / Е.И. Хрусталева, К.А. Молчанова, Т.М. Курапова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. АПК-продукты

здорового питания. – 2020. – № 3. – С. 99-106.

3. Федорова, Е.В. Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения / Е.В. Федорова // Аграрные конференции. – 2017. – № 2. – С. 49-53.

4. Ярмош, В.В. Методика морфометрических исследований рыбохозяйственных показателей клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В.В. Ярмош, А.В. Козырь // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2022. – № 2. – С. 74-81.

5. Шумак, В.В. Моделирование роста клариевого сома в аквакультуре / В.В. Шумак, С.В. Торганов // Известия Санкт-Петербургского гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 44. – С.120-127.

6. Amponsah, S.K. Performance Assessment of Recirculating Aquaculture System (RAS Designs for Culture of African Catfish (*Clarias gariepinus*)) / S.K. Amponsah // Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research. – 2022. – № 9. – Vol. 8.

7. Bovendeur, J. Design and performance of a water recirculation system for high density culture of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) / J. Bovendeur, E.H. Eding, A.M. Henken // Aquaculture. – 1987, vol. 63, Issues 1-4. – P. 329-353.

8. Indriastuti, C.E. Survival and growth performance the catfish *Clarias gariepinus* in high density nurseries using recirculating aquaculture system (RAS) / C.E. Indriastuti, B. Ratnawati // E3S Web of Conferences. – 2022, vol. 348.

9. Проскуренко, И.В. Замкнутые рыбоводные установки / И.В. Проскуренко. – М.: ВНИРО, 2003. – 152 с.

10. Проскуренко, И.В. Проектирование замкнутых рыбоводных установок / И.В. Проскуренко // Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО. – СПб. – 2006. – № 11. – С. 29-33.

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

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.01.2026

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2026 года: для индивидуальных подписчиков - 61,68 руб., ведомственная подписка - 63,63 руб.