

ТОВАРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОНТОВ

COMMODITY AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION OF HYDROBIONTS

Научная статья

УДК 639.517

<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-105-114>

Способы совершенствования практической реализации технологии совмещенного рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства

*Е. М. Евграфова¹, А. Н. Неваленный²,
Л. Ю. Лагуткина³✉, А. Б. Ахмеджанова⁴, Е. В. Першина⁵*

¹«АКВАБИОТЕХ»,
Астрахань, Россия

¹⁻⁵Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, lagutkina_lina@mail.ru✉

Аннотация. Необходимость внедрения эффективных способов практической реализации технологии совмещенного выращивания пищевой продукции в условиях городов требует создания быстроразвертываемых и масштабируемых аквапонических сити-ферм для круглогодичного производства аквакультурной продукции и продукции растениеводства. Проведена экспериментальная работа по выращиванию сельскохозяйственной продукции в малогабаритной системе совмещенного рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства (аквапоники). Получено обоснованное представление о качественных и количественных требованиях к рецептурам кормов, возможностях их оптимизации за счет включения ингредиентов натурального происхождения. При совмещенном рециркулятивном рыбоводстве и интенсивном растениеводстве контроль за физиологическим состоянием гидробионтов, выращиваемых на кормах по собственной рецептуре, осуществляют на основе анализа данных биохимических показателей, которые дополняют общую характеристику пределов референсных значений констант гомеостаза и определяют физиологический статус рыбы. Нормы кормления (% от массы тела) рыбы определяют количество органической нагрузки для питания объектов растениеводства, в частности листовой зелени. В ходе исследований установлено, что при кормлении стерляди массой 100 г разработанным кормом с содержанием протеина 45 % норма кормления составляет 4 % от массы тела. На эквивалент площади 1 м² листовой зелени приходится 40–50 г корма при массе водных объектов до 5,0 кг/м³.

Ключевые слова: объекты аквакультуры, совместное выращивание, рыбоводный модуль, комбикорм, стерлядь, физиолого-биохимические показатели

Для цитирования: Евграфова Е. М., Неваленный А. Н., Лагуткина Л. Ю., Ахмеджанова А. Б., Першина Е. В. Способы совершенствования практической реализации технологии совмещенного рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 4. С. 105–114. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-105-114>.

Original article

Methods improving practical implementation of technology of combined recirculating fish farming and intensive crop production

E. M. Evgrafova¹, A. N. Nevalenny², L. Yu. Lagutkina^{3✉},
A. B. Akhmedzhanova⁴, E. V. Pershina⁵

¹AQUABIOTECH,
Astrakhan, Russia

¹⁻⁵Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, lagutkina_lina@mail.ru✉

Abstract. The article focuses on the problem of adopting the effective methods for combined cultivation of food products in cities, which requires the rapidly deployable and scalable aquaponic urban farms for year-round cultivating the aquaculture and crop products. Experimental work on cultivating the agricultural products in a small-sized system of combined recirculating fish farming and intensive crop production (aquaponics) has been carried out. A well-grounded idea of the qualitative and quantitative requirements for feed formulations, the possibilities of their optimization due to including the ingredients of natural origin was obtained. With combined recirculating fish farming and intensive crop production the control over the physiological state of the aquatic organisms grown on feed on their own formulation is carried out on the analysis of special biochemical parameters, which complement the general characteristics of the limits of reference values of homeostasis constants and determine the physiological status of fish. Feeding rates (% of body weight) of fish determine the amount of organic load for nutrition of plant growing objects, in particular leafy greens. In the course of research it was found out that when feeding sterlet (100 g) with the developed feed with protein content 45% the feeding rate is 4% of the body weight. The equivalent area 1 m² with leafy greenery accounts for 40–50 g of feed with a mass of water bodies up to 5.0 kg/m³.

Keywords: aquaculture objects, joint cultivation, fish-breeding module, compound feed, sterlet, physiological and biochemical parameters

For citation: Evgrafova E. M., Nevalenny A. N., Lagutkina L. Yu., Akhmedzhanova A. B., Pershina E. V. Methods improving practical implementation of technology of combined recirculating fish farming and intensive crop production. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2021;4:105-114. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-105-114>.

Введение

Главным лимитирующим фактором развития аквакультуры в городской среде, в том числе в форме «сити-фермерства», является дефицит оборудования (конструкций – систем совместного выращивания объектов аквакультуры и растениеводства), обусловленный высокой стоимостью и (или) недостаточной экологичностью, низкой эффективностью предлагаемых на рынке решений, а также отработанных и научно обоснованных биотехнологий для такого производства.

Для расширения направления сити-фермерства в производственном масштабе необходима детальная проработка вопросов возможности использования новых объектов в малогабаритных модульных установках, в том числе функциональных, в системе, свободной от климатических рисков [1].

Практика использования объектов аквакультуры для совмещенного выращивания начала внедряться относительно недавно [2, 3] и, соответственно, информации по этому вопросу недостаточно, а опыт такого выращивания небольшой.

Вопрос о возможности эффективного выращивания осетровых в быстроразвертываемых малога-

баритных модульных установках заслуживает отдельного изучения.

Осетровые являются одними из наиболее перспективных пресноводных объектов, но многие аспекты аквакультуры таких видов на основе быстроразвертываемой модульной установки недостаточно изучены. Оптимальный уровень питания и сбалансированный корм являются одними из наиболее важных факторов, которые влияют на эффективность выращивания рыб в контролируемых условиях. Для разработки оптимальной биотехнологии выращивания указанных объектов в контролируемых условиях многие технологические параметры должны быть проверены, например рецептура предлагаемого корма и норма органической нагрузки этого корма для выращивания листовой зелени.

Возможность содержания осетровых рыб в моделируемых условиях определяет рациональное кормление и эффективность корма. На примере стерляди (*Acipenser ruthenus* L.) было предложено решение – повышение эффективности комбикорма за счет включения в рацион кардиопротекторных компонентов для снижения нагрузки на сердце в условиях совмещенного выращивания.

Объективный метод контроля физиологического и биохимического статуса объектов аквакультуры – это биохимический анализ крови [4–7]. Цель исследования – проанализировать возможность использования нового комбикорма в установках совмещенного выращивания объектов аквакультуры (стерляди) и растений (лиственной зелени) при помощи определения биохимических показателей водных объектов для дополнения общей характеристики физиологического статуса рыб.

Материалы и методы

Экспериментальные работы по совместному выращиванию стерляди и кормлению предлагаемым комбикормом проводились на базе Астраханского

государственного технического университета в летний период 2021 г. Объектом исследований являлась стерлядь массой 100 г второго года выращивания, завезенная с садкового предприятия Астраханской области. При выборе культур растениеводства – листовой зелени (базилик, салат-латук) – руководствовались температурными режимами, которые имеют схожесть в потребности относительно основных гидрохимических параметров воды с осетровыми рыбами.

Объекты содержались в быстроразвертываемой малогабаритной совмещенной системе рециркулятивной аквакультуры и интенсивного растениеводства (аквапоники), созданной на основе типовой конструкции «еврокуб», объемом 1 000 л (рис. 1).



Рис. 1. Быстроразвертываемая малогабаритная совмещенная система рециркулятивного рыбоводства и интенсивного растениеводства: а – конструкция системы; б – высадка рассады в верхний гидропонный модуль; в – посадка стерляди в аквапонный модуль

Fig. 1. Fast deployment small-size combined recirculating fish farming system and intensive crop production: а – system design; б – planting seedlings in the upper hydroponic module; в – planting sterlet in the aquaponic module

Объем рыбоводной части системы составляет до 700 л (0,7 м³) с гидропонным модулем 250 л (0,25 м³, эквивалент площади выращивания 2 м²), выращивание рыбы осуществляли при плотности посадки 20 шт. на рыбоводный модуль [2]. Содержание кислорода в воде – 10,0 мг/л, температура воды – 24,5 °С при расходе воды в рыбоводном модуле 2 л/мин.

Кормление рыбы проводили по двум схемам: контроль и опыт. Длительность эксперимента составила 40 суток. Оценку адаптивной реакции организма проводили по показателям физиолого-биохимического состава крови, изменению относительной массы сердца, визуальной оценке поведения рыбы, рыбоводным показателям темпов роста, выживаемости.

Кардиосоматический индекс рыб (I , %) рассчитывали по формуле

$$I = x / y \cdot 1000,$$

где x – вес сердца; y – общий вес рыбы.

Анализ биохимического состава крови выращенных рыб выполняли по общепринятым методикам [4–7].

Физиологическое состояние оценивалось путем анализа гематологических показателей, отбор крови проводился *in vivo* по рекомендациям [7, 8], с соблюдением правил асептики и антисептики (рис. 2).



Рис. 2. Прижизненный отбор крови у стерляди

Fig. 2. Intravital blood sampling from sterlet

Кровь для анализа брали прижизненно из хвостовой вены в пробирки Эппендорфа. Для гематологического анализа (концентрация гемоглобина, скорость оседания эритроцитов, лейкоцитарная формула, индекс сдвига лейкоцитов) в качестве антикоагулянта использовали гепарин. Подсчет лейкоцитарной формулы производили на сухих мазках, окрашенных с применением фиксатора-красителя по Май-Грюнвальду фирмы «Ольвекс-Диагностикум» (Россия, г. Санкт-Петербург). На каждом мазке идентифицировали 200 лейкоцитов, с учетом их цитогенеза по классификации Н. Т. Ивановой [9].

Концентрацию гемоглобина в крови определяли фотометрически с помощью набора реактивов фирмы «Агат-Мед», СОЭ определяли на приборе Р. П. Панченкова [8].

Концентрацию содержания сывороточного белка в крови определяли с помощью наборов реактивов фирмы «Агат-Мед» (Россия, г. Москва), уровень холестерина в крови определяли энзиматическим методом, β -липопротеиды определяли биохимическим методом. Для измерения оптической плотности полученных проб использовали спектрофотометр Unico 2100.

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом вариационной статистики с использованием программы Microsoft Excel 2019. Использовался критерий t по Стьюденту, достоверными считались различия показателей при $p < 0,05$.

Параметры среды определялись общепринятыми гидрохимическими методами [10]. Выращивание стерляди производили на комбикормах соб-

ственной рецептуры. В состав рецептуры входили следующие компоненты: рыбная мука, дрожжи, жмых подсолнечный, соевый шрот, мука пшеничная, витамин В-4, премикс, масло подсолнечное, мука ракообразных, мука тыквенная, солерос.

Предлагаемый комбикорм изготавливали известным способом влажного прессования [11]. Компоненты, согласно предлагаемому составу, сохраняют питательную ценность комбикорма, не нарушая протеинового баланса. Все компоненты тщательно смешивали до получения однородной массы. Полученную массу высушивали, дробили и просеивали до необходимого размера гранул (2,5–3,0 мм).

Результаты исследований

При анализе полученных экспериментальных данных было установлено, что предлагаемый комбикорм оказал положительное влияние на показатели роста стерляди, что выражалось в увеличении прироста массы тела по сравнению с контрольным вариантом в 1,4 раза с одновременным снижением кормовых затрат и улучшением других рыбо-водно-биологических показателей (выживаемость, скорость роста).

Из табл. 1 видно, что выживаемость стерляди при кормлении предлагаемым комбикормом составила 90 % (с учетом погибших особей, взятых для определения кардиосоматического индекса), в то время как в контроле этот показатель не превышал 85,5 %.

Биотехнологические показатели в мобильной системе совмещенного выращивания

Biotechnological indicators of sterlet growing in a mobile system of combined cultivation

Параметры биотехнологии	Значение	
Объем емкости, м ³	0,75	
Уровень воды, см	70	
pH	7,2	
O ₂ , мг/л	7,0	
Кормление, раз/сут	2	
Норма кормления, %	2	
Плавучесть используемого корма	тонущие, отрицательная	
Органическая нагрузка, количество комбикорма для выращивания листовой зелени, г/м ²	40–50	
Объекты: аквакультура растениеводство (лиственная зелень)	стерлядь салат-латук, базилик	
Период выращивания, сут	40	
Рыбоводно-биологические показатели		
	Контроль	Опыт
Масса стерляди в начале, г	88,4 ± 7,9	87,4 ± 8,7
Масса стерляди в конце, г	110,8 ± 6,4	118,4 ± 10,0
Абсолютный прирост, г	22,4	31,0*
Среднесуточный прирост, г	0,56	0,77*
Среднесуточная скорость роста, %	0,57	0,71*
Кормовые затраты, ед.	2,2	1,6*
Выживаемость, %	80,5	90
Период выращивания, сут	40	40
Физиолого-биохимические показатели стерляди		
	Контроль	Опыт
Гемоглобин, г/л:		
в начале	45,36 ± 2,7	51,86 ± 7,6
в конце	44,02 ± 6,3	54,13 ± 5,9*
Общий белок, г/л:		
в начале	18,9 ± 2,34	40,14 ± 1,73
в конце	20,3 ± 1,58	41,86 ± 3,8*
СОЭ, мм/ч:		
в начале	2,4 ± 0,32	1,5 ± 0,28
в конце	3,5 ± 0,36	1,5 ± 0,22*
холестерин, ммоль/л:		
в начале	1,96 ± 0,47	4,68 ± 0,28
в конце	2,11 ± 1,23	3,5 ± 0,3*
β-липопротеиды, г/л:		
в начале	2,8 ± 0,24	3,3 ± 0,16
в конце	2,23 ± 0,17	3,74 ± 0,2*

*Различия достоверны при $p < 0,05$.

Установлено, что лучший результат по темпу роста имели особи стерляди, получавшие комбикорм, разработанный по предлагаемой рецептуре. Особи стерляди в опытной группе дружно потребляли задаваемые корма, и прирост за время проведения экспериментов составил 35,42 % от первоначальной массы. У молоди стерляди, выращенной на предлагаемом комбикорме, абсолютный прирост оказался в 1,4 раза выше, чем в контроле.

Среднесуточный прирост у особей, выращенных на предлагаемом комбикорме, был выше на 37,72 %. Среднесуточная скорость роста у особей из опытной группы оказалась выше контрольной группы на 34,22 %.

Наблюдалось интенсивное питание, комбикорм потреблялся без остатка. Кормовые затраты были

достоверно ниже в опыте на предлагаемом комбикорме, кормовой коэффициент составил 1,6 в отличие от прототипа, где данный показатель оказался более высоким – 2,3.

В условиях нарушения условий содержания у рыб учащается ритм дыхания, появляется тахикардия и увеличивается потребление кислорода, что создает нагрузку на сердце и может быть причиной наращивания его массы и, следовательно, увеличения кардиосоматического индекса [12]. В условиях экологического оптимума индекс сердца рыб наименьший [13]. Среднее значение кардиосоматического индекса у годовиков стерляди на предлагаемом комбикорме составило 1,05, оказавшись по результатам эксперимента меньше на 22,6 % по сравнению с контролем, где оно составило 1,36.

Анализ основных биохимических показателей в крови выращенных особей показал достоверное отличие, что говорит о хорошем качестве предлагаемого комбикорма. Физиолого-биохимические показатели крови стерляди, выращенной на предлагаемом комбикорме, представлены выше (табл. 1). Также величина СОЭ ниже в сравнении с контролем, что говорит о воспалительных и патологических процессах в организме рыб, которые более интенсивно протекали у контрольной группы. Величина общего сыровоточного белка, гемоглобина у опытной группы оказалась достоверно выше в сравнении с контролем ($p < 0,05$), что подтверждает высокий уровень жизнестойкости и адаптационных возможностей молоди на этом ответственном этапе развития. Показатели концентрации холестерина и β -липопротеидов у рыб, питавшихся предлагаемым комбикормом, были также выше, что подтверждено статистически ($p < 0,05$).

Физиолого-биохимические показатели у осетровых рыб, выращенных на новом комбикорме, были в пределах оптимальных референсных значений.

Новый производственный комбикорм для осетровых позволяет улучшить качество годовиков стерляди и обеспечивает эффективность их выращивания. Наиболее важно, что решена задача нормализации состояния сердечно-сосудистой системы в период интенсивного роста, данный комбикорм при использовании способствовал улучшению общего состояния сердечной системы осетровых рыб.

В ходе исследований установлено, что лейкоциты крови стерляди включают восемь видов клеток: агранулоциты – большие и малые лимфоциты и моноциты; гранулоциты – палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы, сегментоядерные эозинофилы, промиелоциты, нейтрофильные миелоциты и метамиелоциты (рис. 3).

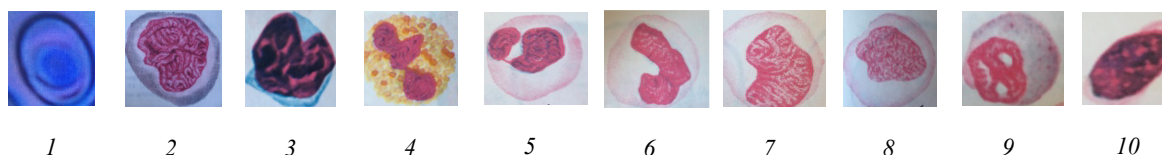


Рис. 3. Нативные форменные элементы крови стерляди (*Acipenser ruthenus*):

1 – эритроцит; 2 – моноцит; 3 – лимфоцит; 4 – сегментоядерный эозинофил;
5 – сегментоядерный нейтрофил; 6 – палочкоядерный нейтрофил; 7 – нейтрофильный метамиелоцит;
8 – нейтрофильный миелоцит; 9 – промиелоцит; 10 – тромбоцит

Fig. 3. Native blood cells of sterlet (*Acipenser ruthenus*):

1 – erythrocyte; 2 – monocyte; 3 – lymphocyte; 4 – segmented eosinophil;
5 – segmented neutrophil; 6 – stab neutrophil; 7 – neutrophilic metamyelocyte;
8 – neutrophilic myelocyte; 9 – promyelocyte; 10 – platelet

Анализ лейкоцитарной формулы крови стерляди представлен в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Показатели форменных клеток лейкоцитарной формулы опытной группы стерляди

Indicators of formed cells of the leukocyte formula

Показатель	<i>Acipenser ruthenus</i> (n = 10), %
Лимфоциты	74,6 ± 1,2
Нейтрофильный метамиелоцит	7,2 ± 0,4
Нейтрофильный миелоцит	5,8 ± 0,2
Палочкоядерные нейтрофилы	4,1 ± 0,8
Сегментоядерные нейтрофилы	3,8 ± 0,6
Сегментоядерный эозинофил	3,5 ± 0,6
Моноциты	0,7 ± 0,2
Промиеоцит	0,3 ± 0,6

На протяжении всего периода выращивания были обеспечены в целом стабильные условия, включая полноценное кормление, вследствие чего полученные результаты по соотношению различных групп лейкоцитов в крови у рыб согласовыва-

лись с литературными данными [6, 14]. В результате полученного анализа лейкоцитарной формулы выявлено, что кровь стерляди опытной группы носила лимфоидный характер. Доля лимфоцитов составила 74,6 %. Второе место по количеству за-

нимали нейтрофилы, находящиеся на различных стадиях цитогенеза, большую часть составляли юные формы – нейтрофильные метамиелоциты и миелоциты, их количество составило 7,2 и 5,8 % соответственно. Количество палочкоядерных нейтрофилов было меньше, на их долю пришлось 4,1 % от общего количества лейкоцитов. Доли сегментоядерных нейтрофилов и эозинофилов находились почти на одном уровне, их количество составило 3,8 и 3,5 % соответственно. На мазках крови в малых количествах встречались моноциты и промиелоциты, доля которых составила 0,7 и 0,3 % соответственно от общего объема просчитанных клеток. Индекс сдвига лейкоцитов в крови стерляди на протяжении всего периода исследований находился в пределах физиологической нормы, данный показатель составил 0,33 %, что указывает на отсутствие патологических и воспалительных процессов в организме рыб. На мазках

крови стерляди одиночно встречались тромбоциты двух видов: круглые, с малым содержанием цитоплазмы, и овальные, веретенообразные, с большим количеством цитоплазмы. Доля овальных тромбоцитов преобладала над круглыми формами. Эритроциты встречались стабильно на всех мазках крови. Наряду со зрелыми эритроцитами были обнаружены молодые эритроциты.

В результате экспериментальной работы установлен объем образования питательных веществ, необходимых растениям в системе. Этот показатель зависит от количества потребляемого корма. В соответствии с рекомендациями [15] при использовании кормов с содержанием протеина до 45 % на эквивалент площади 1 м² листовой зелени количество корма составило 40–50 г при массе водных объектов до 5,0 кг/м³.

Таким образом, получены биологические нормы совместного выращивания (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

**Биологические нормы выращивания стерляди в рыбоводном модуле
быстроразвертываемой аквапонической системы**

**Biological standards for growing sterlet in the hatchery module
of the rapidly deployable aquaponic system**

Показатель	Значение
Содержание стерляди	
Объем рыбоводного модуля, м ³	0,6–0,7
Температура воды, °С	24–26
Уровень рН	7,2
Уровень O ₂ , мг/л	7,5
Долив, %	20
Уровень воды, см	70
NH ₄ , мг/л	0,01–0,10
NO ₂ /NO ₃ , мг/л	0,02–0,10
Плотность посадки ≤ 100 гр., шт./м ²	20
Рацион:	
протеин	45,0
жир	7,0
углеводы	10,0
Норма корма, % от массы тела*	2–4
Нормы органической нагрузки	
Количество корма**, г/м ²	40–50
Плаучесть используемого корма	тонущий

*Нормы подачи корма при кормлении стерляди в рыбоводном модуле при совместном выращивании с листовой зеленью/овощами;
**корм собственной рецептуры.

Заключение

Предлагаемая биотехнология для круглогодичного климатонезависимого совместного выращивания объектов аквакультуры и свежей натуральной листовой зелени в помещениях не требует использования почвенных ресурсов, солнечного све-

та и т. д. Быстроразвертываемая модульная аквапоническая система на основе «еврокуба», соответствующего стандартам производства пищевой продукции, оборудована искусственным освещением, предназначена для выращивания объектов аквакультуры и овощей или фруктов. Эффектив-

Evgarbova E. M., Nevalshnyy A. N., Lagutkina L. Yu., Akhmedzhanova A. B., Peshina E. V. Methods improving practical implementation of technology of combined recirculating fish farming and intensive crop production

ность биотехнологии совместного выращивания обусловлена использованием собственных методов выращивания и кормления, применением специализированных кормов направленного действия, в том числе и для формирования органической нагрузки на гидропонный модуль. В процессе выращивания стерляди на корме собственной рецептуры был установлен высокий уровень содержания в лимфе общего белка (в пределах референтных значений), значение этого показателя как биоиндикатора свидетельствует о высоком качестве используемого комбикорма, о благоприятных условиях выращивания, а также о повышенном обмене веществ гидробионтов.

В результате полученного анализа лейкоцитарной формулы стерляди, получавшей экспериментальный корм, выявлено, что кровь стерляди носила лимфоидный характер. На первом месте по количеству были лимфоциты, на втором месте – нейтрофильные метамелоциты. Доля других форменных элементов у обеих групп не превышала

5,8 %. Индекс сдвига лейкоцитов у контрольной и опытной группы стерляди в период исследований был зафиксирован в пределах референтных значений, это показатель отсутствия воспалительных процессов в организме у рыб. Колебания концентрации гемоглобина у опытной группы был достоверно выше ($p < 0,05$), чем у контрольной выборки, что свидетельствует об активном состоянии метаболических процессов организма. Скорость оседания эритроцитов колебалась у обеих групп от 1,5 до 3,5 мм/ч и находилась в пределах физиологической нормы (1–6 мм/ч), что говорит об отсутствии воспалительных и патологических изменений в организме исследуемых рыб. В контрольном эксперименте наблюдался повышенный уровень кардиосоматического индекса. Среднее значение кардиосоматического индекса у годовиков стерляди на предлагаемом комбикорме оказалось по результатам эксперимента меньше на 22,6 % по сравнению с контролем.

Список источников

1. Руткин Н. М., Лагуткин О. Ю., Лагуткина Л. Ю. Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2017. № 4. С. 95–103.
2. Евграфова Е. М., Лагуткина Л. Ю., Кузьмина Е. Г. Перспектива использования линя и австралийского рака в суперэффективных системах – аквапонике // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019. № 9 (164). С. 62–70.
3. Лагуткина Л. Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2017. № 1. С. 67–78.
4. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor // Ann. Clin. Biochem. 1969. V. 6. P. 24.
5. Weichselbaum T. E. An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma // Am. J. Clin. Pathol. 1946. V. 7. P. 40.
6. Барышков Ю. А. Определение общих липидов в сыворотке с помощью сульфопосфотанилиновой реакции // Лабораторное дело. 1966. № 6. С. 350–352.
7. Голодец Г. Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб. М.: Пищепромиздат, 1955. 92 с.
8. Полозюк О. Н., Ушакова Т. М. Гематология: учеб. пособие. Р. н/Д.: Донской ГАУ, 2019. 159 с.

9. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть., 1983. 184 с.
10. Сборник инструкций и нормативно-методических указаний по промышленному разведению осетровых рыб в Каспийском и Азовском бассейнах. М.: Изд-во ВНИРО, 1986. 271 с.
11. Пономарев С. В., Гамыгин Е. А., Никоноров С. И., Пономарева Е. Н., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России: справ., учеб. пособие. Астрахань: Нова плюс, 2002. 198 с.
12. Евграфова Е. М., Пятикопова О. В., Бедрицкая И. Н., Яковлева Е. П., Дубовская А. В., Тангатарова Р. Р., Перунова М. Е. Индексы физиологических признаков белуги и шипа и их межвидовых гибридов в условиях бассейнового хозяйства // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 4. С. 154–164.
13. Шварц С. С. Метод морфофизиологических индикаторов экологии животных // Зоолог. журн. 1958. Т. 37. № 4. С. 58–63.
14. Житенева Л. Д., Полтавцева Т. Г., Рудницкая О. А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Р. н/Д.: Ростов. книж. изд-во, 1989. 109 с.
15. Somerville C. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming // Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome, 2014. URL: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf> (дата обращения: 15.09.2021).

References

1. Rutkin N. M., Lagutkin O. Iu., Lagutkina L. Iu. Urbanized agricultural production (city farming) as promising direction for development of world agricultural production and

- method of improving food security in cities]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2017, no. 4, pp. 95–103.
2. Evgrafova E. M., Lagutkina L. Iu., Kuz'mina E. G. Perspektiva ispol'zovaniia linia i avstraliiskogo raka v super-effektivnykh sistemakh – akvaponike [Prospect of using

tench and Australian cray-fish in super-efficient systems - aquaponics]. *Rybovodstvo i rybnoe khoziaistvo*, 2019, no. 9 (164), pp. 62-70.

3. Lagutkina L. Iu. Perspektivnoe razvitie mirovogo proizvodstva kormov dlia akvakul'tury: al'ternativnye istochniki syr'ia [Prospective development of world feed production for aquaculture: alternative sources of raw materials]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2017, no. 1, pp. 67-78.

4. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.*, 1969, vol. 6, p. 24.

5. Weichselbaum T. E. An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma. *Am. J. Clin. Pathol.*, 1946, vol. 7, p. 40.

6. Baryshkov Iu. A. Opredelenie obshchikh lipidov v syvorotke s pomoshch'iu sul'foposfovanilinovoi reaktsii [Determination of total lipids in serum using sulfophosphovanillin reaction]. *Laboratornoe delo*, 1966, no. 6, pp. 350-352.

7. Golodets G. G. *Laboratornyi praktikum po fiziologii ryb* [Laboratory workshop on fish physiology]. Moscow, Pishchepromizdat, 1955. 92 p.

8. Poloziuk O. N., Ushakova T. M. *Gematologiya: uchebnoe posobie* [Hematology: textbook]. Rostov-on-Don, Donskoi GAU, 2019. 159 p.

9. Ivanova N. T. *Atlas kletok krovi ryb* [Atlas of fish blood cells]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost'. Publ. 1983. 184 p.

10. *Sbornik instruktsii i normativno-metodicheskikh ukazanii po promyshlennomu razvedeniiu osetrovyykh ryb v Kaspiiskom i Azovskom basseinaх* [Collection of instruc-

tions and normative-methodical guidelines for industrial breeding of sturgeon fish in Caspian and Azov basins]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 1986. 271 p.

11. Ponomarev S. V., Gamygin E. A., Nikonov S. I., Ponomareva E. N., Grozesku Iu. N., Bakhareva A. A. *Tekhnologii vyrashchivaniia i kormleniia ob'ektov akvakul'tury iuga Rossii: spravochnoe, uchebnoe posobie* [Technologies of growing and feeding aquaculture objects in south of Russia: reference, study guide]. Astrakhan', Novaplius Publ., 2002. 198 p.

12. Evgrafova E. M., Piatikopova O. V., Bedritskaia I. N., Iakovleva E. P., Dubovskaia A. V., Tangatarova R. R., Perunova M. E. Indeksy fiziologicheskikh priznakov belugi i shipa i ikh mezhvidovykh gibridov v usloviakh basseinovogo khoziaistva [Indices of physiological traits of beluga and thorn and their interspecific hybrids in fish farming]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 4, pp. 154-164.

13. Shvarts S. S. Metod morfofiziologicheskikh indikatorov ekologii zhivotnykh [Method of morphophysiological indicators of animal ecology]. *Zoologicheskii zhurnal*, 1958, vol. 37, no. 4, pp. 58-63.

14. Zhiteneva L. D., Poltavtseva T. G., Rudnitskaia O. A. *Atlas normal'nykh i patologicheskii izmenennykh kletok krovi ryb* [Atlas of normal and pathologically altered blood cells of fish]. Rostov-on-Don, Rostov. knizh. izd-vo, 1989. 109 p.

15. Somerville C. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. *Food And Agriculture Organization Of The United Nations*. Rome, 2014. Available at: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf> (accessed: 15.09.2021).

Статья поступила в редакцию 09.11.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 03.12.2021
The article is submitted 09.11.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 03.12.2021

Информация об авторах / Information about the authors

Елена Михайловна Евграфова – генеральный директор; ООО «АКВАБИОТЕХ»; Астраханская область, Наримановский район, с. Старокучергановка, ул. Бугровая, д. 24; Leno4ka-23.08@mail.ru

Александр Николаевич Неваленный – доктор биологических наук, профессор; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; rector@astu.org

Лина Юрьевна Лагуткина – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры аквакультуры и рыболовства; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; lagutkina_lina@mail.ru

Elena M. Evgrafova – General Director; “AQUABIOTECH”; Astrakhan region, Narimanov district, Starokucherganovka village, Bugrovaya street, 24; Leno4ka-23.08@mail.ru

Alexander N. Nevalennyi – Doctor of Biology, Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; rector@astu.org

Lina Yu. Lagutkina – Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Aquaculture and Fisheries; Astrakhan State Technical University; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; lagutkina_lina@mail.ru

Алия Баймуратовна Ахмеджанова – кандидат биологических наук; ведущий инженер научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры»; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; aliyaakhmed14@gmail.com

Aliya B. Akhmedzanova – Candidate of Biology; Leading Engineer of the Laboratory of Sturgeon Farming and Perspective Objects of Aquaculture; Astrakhan State Technical University; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; aliyaakhmed14@gmail.com

Елена Викторовна Першина – доцент; доцент кафедры технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; pershina-1972@mail.ru

Elena V. Pershina – Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Product Technology and Marketing; Astrakhan State Technical University; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; pershina-1972@mail.ru

