



УДК 639.3.05

Поступила в редакцию 04.11.2024

Received 04.11.2024

**В. Ю. Агеец, С. Н. Пантелей, В. Д. Сенникова,
М. Н. Исаенко, И. К. Голушкова**

*Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ВЫРАЩИВАНИЮ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ БИОСИСТЕМ И ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Аннотация. Статья представляет собой аналитический обзор мировых тенденций и обоснованные этим перспективные направления деятельности в пресноводной аквакультуре применимо к условиям Беларуси. Она посвящена изысканию практической возможности к существенному увеличению производственных показателей за счет использования перспективного ихтиокомплекса и применения имеющих выраженную экономическую целесообразность современных энергоэффективных технических средств. Концептуально раскрывается возможность фактической реализации принципов «умной фермы» в условиях любого предприятия прудовой аквакультуры Беларуси (снижение затрат труда, кормов на единицу производимой продукции, упрощение инфраструктуры и, соответственно, уменьшение себестоимости рыбы), при этом будет наблюдаться эффект импортозамещения (за счет исключения из кормов существенного количества животного белка, увеличения доли собственной рыбной продукции в реализационной сети и ее ассортимента). Делается вывод, что за счет реализации концепции рыбопродуктивность прудов может быть увеличена минимум в 1,5 раза, при снижении себестоимости производства прогнозно на 10–15 %.

Ключевые слова: пруды, аквакультура, исследования, рыбоводство, перспективный ихтиокомплекс, кормление, энергоэффективность, водоподготовка, аквапоника, карп, гибрид, белый амур, толстолобик, осетровые, язь



Uladzimir Yu. Aheyets, Sergey N. Panteley, Violetta D. Sennikova,
Marina N. Isaenko, Ina K. Haluskova

*Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

JUSTIFICATION FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE APPROACHES TO THE CULTIVATION OF FISH PRODUCTS THROUGH THE CREATION OF HIGHLY EFFICIENT BIOSYSTEMS AND THE USE OF MODERN TECHNICAL SOLUTIONS

Abstract. The article is an analytical review of global trends and the promising areas of activity in freshwater aquaculture justified by this are applicable to the conditions of Belarus. It is devoted to finding a practical opportunity to significantly increase production performance through the use of a promising ichthyocomplex and the use of modern energy-efficient technical means with pronounced economic feasibility. Conceptually, the possibility of the actual implementation of the principles of a “smart farm” in the conditions of any pond aquaculture enterprise in Belarus is revealed (reducing labor costs, feed per unit of production, simplifying infrastructure and, accordingly, reducing the cost of fish), while the effect of import substitution will be observed (by excluding a significant amount of animal protein from feed, increasing the share of its own fish products in the sales network and its assortment). It is concluded that due to the implementation of the concept, the fish productivity of ponds can be increased at least 1.5 times, while reducing the cost of production by 10–15 %.

Keywords: ponds, aquaculture, research, fish farming, promising ichthyocomplex, feeding, energy efficiency, water treatment, aquaponics, carp, hybrid, grass carp, silver carp, sturgeon, ide

Введение. Количественный и качественный состав кормовой базы рыб в значительной степени определяет рыбопродуктивность прудов [1, 2]. Естественные корма являются необходимым компонентом питания прудовых рыб, поскольку рецептуры экономически эффективных комбикормов составлены с расчетом поступления в организм определенного количества незаменимых аминокислот, жирных кислот, других биологически активных веществ из гидробиоценоза пруда [3]. Поскольку в настоящее время ос-



новым видом продукции является двухлеток и трехлеток карпа, питающийся бентосом, естественная рыбопродуктивность прудов низкая. Увеличение этого показателя требует применения комбикормов сложного состава, включающего дорогостоящие и все менее доступные компоненты животного происхождения. Кроме того, используемые рецептуры все равно требуют обеспечения 10–15 % рациона живыми кормами [19], в связи с чем экономически целесообразная рыбопродуктивность прудов 2–3 зон рыбоводства по карпу редко превышает 11–12 ц/га. Это одна из основных причин мировой тенденции производства рыбной продукции с использованием видов, основой питания которых являются более массовые компоненты естественной кормовой базы – фито- и зоопланктон, высшая водная растительность, биодетрит [5–17]. Эти компоненты способны при проведении определенных мероприятий давать очень значительную продукцию, обеспечивая в большой степени рацион высокой биомассы содержащейся в прудах рыбы [18]. Подбор видов рыб, способных утилизировать эту продукцию на максимально достижимом уровне, их изначального количественного соотношения теоретически позволяет создать ихтиокомплекс, оптимальный для конкретных климатических условий и специфики традиционного для той или иной местности формирования рыбоводческих хозяйств.

В последнее время по вышеуказанным причинам выращивание карпа в монокультуре мало практикуется в Беларуси. Постепенное увеличение доступности посадочного материала приводит к увеличению доли добавочных рыб, по статистическим данным в разных хозяйствах составляющей от 15,5 до 24,8 %. Однако карп по-прежнему остается основным видом, требующим существенных затрат дорогостоящих комбикормов, в связи с чем заметного снижения себестоимости и, соответственно, реализационной цены продукции прудовой аквакультуры пока не наблюдается.

В связи с этим интересной и весьма актуальной задачей является подбор оптимального видового и количественного состава ихтиокомплекса, способного наиболее эффективно трансформировать доступное органическое вещество гидробиоценоза в рыбопродукцию, а также снимающего известные ограничения по достигаемой без нецелесообразного увеличения затрат кормов рыбопродуктивности, обусловленных дефицитом естественной пищи в случае с карпом в качестве доминирующего вида (обычно 10–



12 ц/га), разработать новую, более эффективную систему ведения рыбного хозяйства, позволяющую увеличить рыбопродуктивность минимум на 50 %, однако требующую применения современных технических средств, позволяющих максимально эффективно использовать прудовые площади в рыбохозяйственных целях, фактически реализуя концепцию «умной фермы» в условиях любого предприятия прудовой аквакультуры Беларуси (снижение затрат труда, кормов на единицу производимой продукции, упрощение инфраструктуры и, соответственно, уменьшение себестоимости рыбы). При этом будет наблюдаться эффект импортозамещения (за счет исключения из кормов существенного количества животного белка, увеличения доли собственной рыбной продукции в реализационной сети и ее ассортимента).

Видовой состав перспективного ихтиокомплекса

Основной внутренний источник органического вещества в гидробиоценозах — процесс фотосинтеза, осуществляемый планктонными микрофитами. В связи с этим основные производители продукции прудовой аквакультуры (КНР, Вьетнам, другие азиатские страны) делают ставку на выращивание белого толстолобика, фильтратора фитопланктона. Однако в условиях Беларуси темп роста этого теплолюбивого вида неприемлемо низкий. Внутри республики производятся гибриды белого и пестрого толстолобиков, обладающих смешанным характером питания (30—40 % фито-планктона и 60—70 % зоопланктона), при этом способных отфильтровывать очень мелкие организмы, недоступные другим рыбам. Они могут стать основой или существенной частью более эффективного ихтиокомплекса для выращивания в прудах Беларуси.

В прудах накапливаются значительные количества биодетрита. В настоящее время из выращиваемых в прудах Беларуси видов рыб эффективно потреблять способен его только серебряный карась. Однако он, обладая очень низким темпом роста, еще и создает конкуренцию с толстолобиками за зоопланктон. Пилотные исследования, проведенные Институтом в условиях СПУ «Изобелино» показали принципиальную возможность массового получения промышленного гибрида между карпом (породы «Изобелинский») и серебряным карасем, обладающего очень высокими рыбоводческими характеристиками, по крайней мере в первый

год выращивания, при совместном содержании с сеголетком карпа без использования искусственных кормов (рис. 1).



Рис. 1. Гибрид карпа и карася, СПУ «Изобелино», 2024 г.

Fig. 1. Hybrid of carp and crucian carp, SPU "Izobelino", 2024

При равной плотности посадки личинки (15 тыс. экз/га) только за счет гибрида достигнута почти предельная естественная рыбопродуктивность (235 кг/га при норме для карпа во 2-й рыбоводной зоне 240 кг/га). Основу рыбопродуктивности составил гибрид карпокарася (58 %). Вероятнее всего, высокие результаты обусловлены тем, что гибрид обладает очень длинным кишечником, унаследованным от карася. Это позволяет ему эффективно питаться биодетритом, составлявшим в ходе эксперимента на протяжении основного периода выращивания 70–90 % содержимого кишечника, не вступая в серьезную пищевую конкуренцию с карпом в период перехода его на питание с зоопланктона бентосом. Это следует из довольно высокой величины показателя рыбопродуктивности (144 кг/га) и средней индивидуальной навески (85,5 г) у выращенного сеголетка карпа. С учетом сорной рыбы (карась, сеголеток), рыбопродуктивность по которому составила 26 кг/га, достигнута рыбопродуктивность, характерная для выростных прудов, эксплуатирующихся по «полуинтенсивной» технологии, с ограничением затрат комбикормов на уровне 1,8–2,0 единиц на единицу прироста рыбы. Таким образом, одновременно было и сэкономлено, с расчетом на гектар, 800 кг комбикормов, и естественная рыбопродуктивность увеличилась в 1,7 раза. По экстерьеру полученный гибрид малоотличим от карпа пород «немецкого»



происхождения. Таким образом, этот объект очень перспективен для использования в качестве основного при разработке высокоэффективных прудовых ихтиосистем. В то же время при использовании для скрещивания с карасем других отводок и пород не было получено жизнеспособных особей, что говорит о необходимости проведения научных исследований, направленных на достижение стабильных результатов по гибридизации и получению высококачественного посадочного материала гибрида серебряного карася и карпа, а также накоплению самцовых стад серебряного караса для осуществления массовой гибридизации.

Все вышеперечисленные объекты аквакультуры при определенных условиях могут пересекаться в спектрах питания, что ставит задачу определения оптимального соотношения между ними при совместном выращивании.

Ценным объектом аквакультуры Беларуси является белый амур, который не является пищевым конкурентом другим рыбам, поскольку питается высшей водной растительностью. При традиционной технологии выращивания прудовой товарной рыбы в Беларуси его используют исключительно в качестве биологического мелиоратора в целях борьбы с нежелательной зарастаемостью прудов. Высокие затраты растительного ресурса на единицу прироста массы рыбы обуславливают и низкую рыбопродуктивность по этому виду (как правило, не более 50 кг/га). В азиатских странах его зачастую выращивают совместно с белым толстолобиком при весьма высоких плотностях, используя для его кормления измельченную фитомассу наземных кормовых растений, а в последнее время — специализированные корма на основе травяной муки и прочих растительных компонентов, поскольку их производство с учетом постоянного снижения энергоемкости производства в связи с развитием технологий приобретает экономический смысл. Исследования, проведенные институтом в ходе разработки ресурсосберегающей технологии производства товарной рыбы в поликультуре, продемонстрировали реальную возможность кормления амура наземной растительностью как в свежем виде, так и в виде сена. При этом в экспериментах рыбопродукция была лишь немного ниже по сравнению с контрольным вариантом, где рыба выращивалась по традиционной интенсивной технологии и белый амур выступал лишь в роли биологического мелиоратора. Изменение соотношения карп : растительно-



ядные + хищники от традиционного 95 : 5 к экспериментально отработанному 55 : 45 позволило пересмотреть подход к кормлению рыбы. Фактические затраты продукционных кормов при выращивании по традиционной интенсивной технологии, составили в среднем 4,15 кг на 1 кг рыбопродукции. Снижение доли карпа в общей структуре рыбопродуктивности позволило снизить фактические затраты продукционных карповых комбикормов до 1,8 кг на 1 кг рыбопродукции при рыбопродуктивности до 10 ц/га, отказаться от их использования при рыбопродуктивности на уровне 8 ц/га. При этом наземное разнотравье использовалось для кормления белого амура только эпизодически, при обкосье дамб, в связи с высокой зарастаемостью прудов, в том числе мягкими, хорошо потребляемыми белым амуром макрофитами, так что затраты этих кормов составили около 2 т/га, или 1,9–2,1 кг на 1 кг рыбопродукции.

Однако даже при отсутствии этих ресурсов в прудах, как показали эксперименты, для кормления белого амура вполне пригодно сено, которое может быть приобретено у производителей по низким ценам в период его заготовки. Затраты этого корма составляли 10–12 ед. на единицу продукции, что с учетом невысокой стоимости ниже по цене относительно карповых комбикормов и позволяет не затрачивать такие высокобелковые компоненты, как рыбная мука, соевый и подсолнечный шроты. Разработка комбикорма на основе исключительно растительного сырья может позволить увеличить достигнутые показатели.

В ходе исследовательских работ Института, направленных на включение в состав прудовой аквакультуры Беларуси новых объектов, было открыто и в настоящее время интенсивно отрабатывается использование язя как дополнительного компонента ихтиоценозов рыбоводных прудов. В настоящее время этот объект domestифицирован в ОАО Рыбхоз «Волма» и СПУ «Изобелино», получено в производственных условиях потомство. С его использованием на протяжении последних пяти лет формируется ремонтно-маточное стадо, более приспособленное для эксплуатации в условиях рыбоводческих хозяйств по сравнению с первоначально использованными для воспроизводства особями, изъятими из естественных водоемов. Установлено, что четырехлетки при оптимальных условиях содержания могут достигать массы 370–400 г, в отдельных случаях – 530 г и более (рис. 2).



Рис. 2. Четырехлеток язя, выращенный в условиях нагульных карповых прудов, СПУ «Изобелино», 2024 г.

Fig. 2. Four-year-old ide, grown in conditions of feeding carp ponds, SPU "Izobelino", 2024

При этом совместное содержание с карпом и растительноядными рыбами четырехлетков позволяет получать дополнительно не менее 50 кг/га рыбопродукции без увеличения затрат кормов и снижения производственных показателей по другим видам. Исследования гонад показали, что впервые нерестующими могут быть до 40 % самок и 90–100 % самцов уже в пятигодовом возрасте, что формирует перспективу широкого внедрения этого вида в аквакультуру страны в ближайшее время.

Применение современных технических средств

С учетом снижения ограничений по достигаемой без нецелесообразного увеличения затрат кормов рыбопродуктивности, обусловленных дефицитом естественной пищи в случае с карпом в качестве доминирующего вида (обычно 10–12 ц/га), при разработке новой, более эффективной системы ведения рыбного хозяйства рационально увеличить плотность выращивания рыбы до величины, позволяющей увеличить рыбопродуктивность минимум на 50 %. За счет этого эквивалентно снизятся затраты труда и прочие эксплуатационные расходы. В то же время эквивалентно увеличится поток в гидробиоценозы прудов аллохтонной органики, что может в отдельные периоды выращивания критически влиять на ряд факторов гидрохимического режима, наиболее важными из которых являются концентрация в воде кислорода, а также кислотность.



Современные технические решения (импеллеры, дождевальные установки и т. п.) позволяют достаточно оперативно регулировать величину этих показателей [20], но требуют заметных затрат электроэнергии, в связи с чем их непрерывное использование может быть экономически неоправданным (рис. 3).



Рис. 3. Современный промышленный импеллерный аэратор для аквакультуры
Fig. 3. Modern industrial impeller aerator for aquaculture

В основном периоды критического изменения в сезонном отношении приходится на период наиболее интенсивного кормления (2 декада июля — 2 декада августа), в отношении времени суток — преимущественно в предутренние часы. В связи с этим целесообразна установка эффективной системы водоподготовки, включение и выключение которой зависит от предустановленных величин, определяемых специальными датчиками содержания кислорода и кислотности. Это позволит ограничить затраты электроэнергии необходимым минимумом. Необходимо отработать оптимальный агрегатный состав системы, а также условия обеспечения ее стабильной работы, режим обслуживания. Кроме того, для объектов, где отсутствует индивидуальная электрификация прудов, необходимо проработать возможность обеспечения автономной работы системы за счет фотоэлектрических преобразователей и современных, высокоэффективных накопителей энергии (рис. 4).

Многочисленные исследования, проведенные преимущественно на ценных в коммерческом отношении видах рыб, показывают, что и с точки зрения усваиваемости кормов, и с точки зрения поддержания приемлемых величин показателей гидрохимического ре-



жима очень эффективна организация дробного (многократного) дозированного кормления в течение суток по сравнению с разовой задачей кормов (ручной или при использовании автокормушек). Существуют готовые технические решения (автономные электромеханические кормушки [22]), позволяющие отстраивать с высокой точностью параметры раздачи кормов (рис. 5).

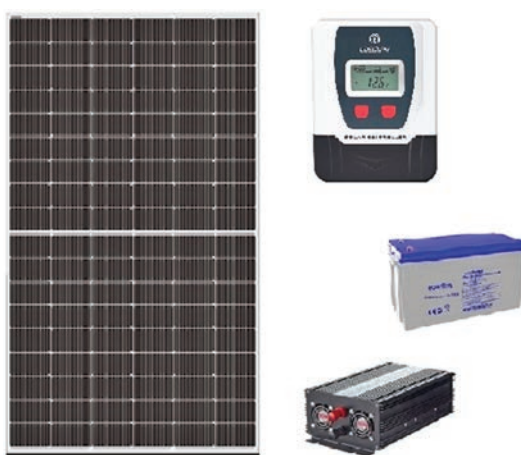


Рис. 4. Комплектация современной солнечной электростанции мощностью 1 кВт

Fig. 4. Configuration of a modern solar power plant with a capacity of 1 kW



Рис. 5. Современная автономная легкорегулируемая кормушка для прудовой рыбы фирмы LPHA, КНР

Fig. 5. Modern autonomous easily adjustable pond fish feeder from LPHA, China

Однако для нового ихтиокомплекса, являющегося основой планируемой разработки, такие параметры неизвестны, что также требует проведения специальных исследований. Также известно, что в период подготовки к зимовке потребность рыбы в белке значительно снижается, так как происходит преимущественно



накопление жира, в связи с этим в это время рационально использование малокомпонентных комбикормов, ячменя. Однако отработанные рационы актуальны в основном для карпа, необходимо отработать их для компонентов перспективного прудового ихтиокомплекса.

Перспективным также представляется практическое осуществление возможности выращивания ценных в коммерческом отношении объектов аквакультуры, в частности, промышленных гибридов осетровых рыб, обладающих высокими адаптивными свойствами, на площадях, используемых для выращивания товарной продукции карповых рыб по системе «садок в пруду», агрегированный с автономной системой кондиционирования прудовой воды, управляемой соответствующими датчиками, и электромеханической кормушкой. Получение даже относительно небольшого количества (30–50 кг/га) дополнительной продукции с высокой стоимостью позволит существенно увеличить экономические показатели единицы прудовой площади. При этом органические и минеральные вещества, не трансформировавшиеся непосредственно в рыбную продукцию в садках, будут доступны для других компонентов гидробиоценоза, в отличие от индустриальных систем выращивания (бассейновые, рециркуляционные системы).

Технология интенсивной эксплуатации прудовых площадей требует проведения ряда мероприятий, которые должны проводиться вне периода выращивания рыбы, в частности, боронование ложа пруда, фрезерование зон зарастания нежелательной растительностью, известкование. Применение сельскохозяйственных агрегатов, подразумевающих непосредственное соединение с моторизованной платформой (например, трактором), накладывает серьезные ограничения на возможность их использования. Ложе прудов зачастую представлено торфяником или покрыто значительным слоем иловых отложений, не проходимых для тяжелой техники. Представляется возможным реализовать на практике схему и порядок ведения осенне-весенних работ по подготовке прудов к рыбоводной эксплуатации с высокой степенью интенсификации с помощью электротехники на основе лебедок и агрегируемых средств механической обработки почвы (фрезы, плуги, бороны), оптимальную с точки зрения эффективности и затрат ресурсов. В данном случае вышеперечисленные ограничения снимутся. Это



позволит в полной мере и в срок реализовывать необходимые мелиоративные мероприятия на прудах, что позволит функционировать гидробиоценозам прудов с максимальной эффективностью.

Прудовая вода при высокой степени интенсификации процесса получения товарной продукции прудовых рыб по сути является слабым раствором биогенных макро- и микроэлементов, т. е. раствором, пригодным для аквапонических систем. Формирование на площадях рыбоводческих хозяйств, свободных от воды, зон для выращивания культурных растений с периодическим принудительным капельным орошением через эмиттерные ленты, от водонапорных башен, питаемых прудовой водой современными насосами с большим КПД, позволит получать продукцию кормовых культур для кормления рыб (например, ячмень, бобовые и т. п.) или пищевую продукцию растениеводства для получения хозяйствами дополнительной прибыли, увеличения эффективности эксплуатации занимаемых площадей. В период наиболее интенсивного кормления это позволит снизить риск накопления в воде опасных концентраций аммонийных, нитритных форм азота, легкоокисляемого органического вещества, что позволит поддерживать оптимальные для выращивания рыбы параметры гидрохимического режима.

Все вышеперечисленное требует проведения масштабных исследований в соответствующих направлениях, однако на современном технологическом уровне представляется вполне реальным.

Заключение. Учитывая изложенное, создание нового, более эффективного ихтиокомплекса для получения товарной рыбной продукции в прудовых хозяйствах и отработка современных технических решений, позволяющих использовать его с максимальной рыбоводной и экономической эффективностью, является одной из приоритетных целей научно-исследовательской деятельности в сфере прудовой аквакультуры. Разработка соответствующей научно-технической документации, в значительной мере в сфере интенсивного применения технических средств, позволит максимально эффективно использовать прудовые площади в рыбохозяйственных целях, фактически реализуя концепцию «умной фермы» в условиях любого предприятия прудовой аквакультуры Беларуси (снижение затрат труда, кормов на единицу производимой продукции, упрощение инфраструктуры и, соответственно, уменьшение себестоимости рыбы), при этом будет наблюдаться



эффект импортозамещения (за счет исключения из кормов существенного количества животного белка, увеличения доли собственной рыбной продукции в реализационной сети и ее ассортимента). За счет реализации концепции рыбопродуктивности прудов может быть увеличена минимум в 1,5 раза, при снижении себестоимости производства прогнозно на 10–15 %. Кроме того, рыбоводные предприятия получают возможность получать продукцию кормовых культур для кормления рыб (например, ячмень, бобовые и т. п.) или пищевую продукцию растениеводства для получения хозяйствами дополнительной прибыли, увеличения эффективности эксплуатации занимаемых площадей за счет аквапоники без затрат минеральных и органических удобрений (рис. 6).

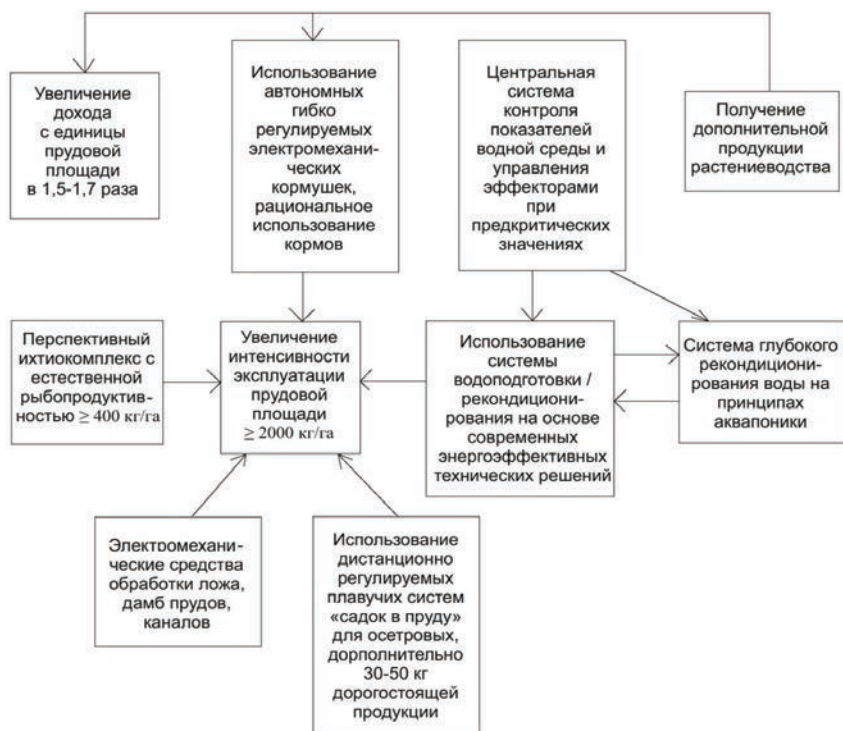


Рис. 6. Схема концепции «умной фермы» для перспективного предприятия пресноводной аквакультуры

Fig. 6. Diagram of the "smart farm" concept for a promising freshwater aquaculture enterprise



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Винберг, Г. Г. Удобрение прудов / Г. Г. Винберг, В. П. Ляхнович. — М.: Пищ. пром-сть, 1965. — 271 с.
2. Виноградов, В. К. Поликультура в товарном рыбоводстве / В. К. Виноградов. — М.: ЦНИИТЭИРХ, 1985. — 45 с.
3. Баранова, В. П. Определение количества потребленного рыбами естественного и искусственного корма по уравнению энергетического баланса / В. П. Баранова, Л. П. Максимова, А. Д. Сахаров // Известия Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. — Л., 1974. — Т. 88. — С. 47–63.
4. Carvalho, J. F. As desvantagens das altas densidades de povoamento / F. J. Carvalho // Revista Panorama da Aquicultura. — 2004. — Vol. 14. — P. 53–58.
5. Casaca, J. M. Policultivo com carpas / J. M. Casaca, O. T. Junior. — [S. l.: s. n.], 2000.
6. Jensen, B. Brazil — an imminent super-power? / B. Jensen // Intrafish. — 2004. — P. 10–11.
7. Bamba, V. Report of the mission on sustainable aquaculture development in Sierra Leone / V. Bamba // FAO 156 Consultancy Report. — Sierra Leone, 2004. — P. 17–31.
8. Bardycz, T. Economic situation of the Hungarian fisheries sector / T. Bardycz, I. Szucs, K. Pinter // Eurofish. — 2003. — № 3. — P. 28–33.
9. Statistical yearbook of Bangladesh / Planning Division, Ministry of Planning. — 23rd ed. — Dacca: Bangladesh Bureau of Statistics, 2009. — 744 p.
10. Bhatta, R. Socio-economic issues in fisheries sector in India / R. Bhatta // A profile of people, technologies and policies in fisheries sector in India / ed.: A. Kumar, P. K. Katiha, P. K. Joshi. — New Delhi, 2003. — P. 17–42.
11. Biro, P. Management of pond ecosystems and trophic webs / P. Biro // Aquaculture. — 1995. — № 129. — P. 373–386.
12. Response to bidirectional selection for body weight in blue tilapia / K. Bondari, R. A. Dunham, R. O. Smitherman [et al.] // First International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israel, 8–13 May 1983 / Tel Aviv Univ. — Tel Aviv, 1983. — P. 302–312.
13. Brooks, A. C. Fish farming in Malawi: a case study of the Central and Northern Regions fish farming project. Technical supplement: on-station pond trials / A. C. Brooks, A. O. Maluwa. — Malawi: Government of Malawi a. Europ. Commiss., 1997. — 37 p.
14. Chakalall, B. Programme for the organisational and operational strengthening of the Department of Fisheries of Guyana / B. Chakalall, A. Gumy // FAO Mission report for the Government of Guyana. — Georgetown, 2002. — P. 42.
15. China statistic yearbook on import and export of aquatic products / China Soc. of Fisheries. — Beijing: [s. n.], 2003. — 356 p.



16. Chowdhury, S. M. Performance of carps and shrimp farms in Bangladesh / S. M. Chowdhury // *Aquaculture Asia*. — 1997. — Vol. 11, iss. 2. — P. 11–19.
17. Environmental impact of prawn farming on Dutch Canal: the main water source for the prawn culture industry in Sri Lanka / A. S. L. E. Corea, J. M. R. K. Jayasinghe, S. U. K. Ekaratne, R. Johnstone // *Ambio*. — 1995. — Vol. 24, № 7/8. — P. 423–427.
18. Виноградов, В. К. Поликультура в товарном рыбоводстве / В. К. Виноградов. — М.: ЦНИИТЭИРХ, 1985. — 45 с.
19. Корма и кормление рыб в аквакультуре: [учебник] / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренко, К. А. Чебан. — СПб.: Лань, 2023. — 388 с.
20. Aquaculture fish farming 1.5kw impeller aerator for pond // TOPChinaSupplier. — URL: https://ru.topchinasupplier.com/wholesale/Aquaculture-Fish-Farming-1-5kw-Impeller-Aerator-for-Pond_128518/ (дата обращения: 14.11.2024).
21. China high efficiency 2HP pond using surge wave aerator for sale // TOPChinaSupplier. — URL: https://www.topchinasupplier.com/wholesale/China-High-Efficiency-2HP-Pond-Using-Surge-Wave-Aerator-for-Sale_1766179/?pk_vid=6bf32ef712ca754b1731573780926096 (дата обращения: 14.11.2024).
22. China fish pond automatic feeder for aquaculture // TOPChinaSupplier. — URL: https://www.topchinasupplier.com/wholesale/China-Fish-Pond-Automatic-Feeder-for-Aquaculture_1745894 (дата обращения: 14.11.2024).

References

1. Vinberg G. G., Lyakhnovich V. P. *Udobrenie prudov* [Pond fertilization]. Minsk, Pishchevaya promyshlennost', 1965. 271 p. (in Russian).
2. Vinogradov V. K. *Polikultura v tovarnom rybovodstve* [Polyculture in commercial fish farming]. Moskva, TsNIITEIRKh, 1985. 45 p. (in Russian).
3. Baranova V. P., Maksimova L. P., Sakharov A. D. Determination of the amount of natural and artificial food consumed by fish using the energy balance equation. *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozerного i rechnogo rybnogo khozyaistva* [Proceedings of the State Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries]. Leningrad, 1974, vol. 88, pp. 47–63 (in Russian).
4. Carvalho J. F. The disadvantages of high stocking densities. *Revista Panorama da Aqicultura* [Panorama of Aquaculture]. 2004, vol. 14, pp. 53–58 (in Portugal).
5. Casaca J. M., Junior O. T. *Policultivo com carpas* [Polyculture with carp]. [S. l., s. n], 2000. (in Portugal).
6. Jensen B. Brazil — an imminent super-power? *Intrafish*, 2004, pp. 10–11.
7. Bamba V. Report of the mission on sustainable aquaculture development in Sierra Leone. *FAO 156 Consultancy Report*. Sierra Leone, 2004, pp. 17–31.



8. Bardycz T., Szucs I., Pinter K. Economic situation of the Hungarian fisheries sector. *Eurofish*, 2003, no. 3, pp. 28–33.
9. *Statistical yearbook of Bangladesh*. 23rd ed. Dacca, Bangladesh Bureau of Statistics, 2009. 744 p.
10. Bhatta R. Socio-economic issues in fisheries sector in India. *A profile of people, technologies and policies in fisheries sector in India*. New Delhi, 2003, pp. 17–42.
11. Biro P. Management of pond ecosystems and trophic webs. *Aquaculture*, 1995, no. 129, pp. 373–386.
12. Bondari K., Dunham R. A., Smitherman R. O., Joyce J. A., Castillo S. Response to bidirectional selection for body weight in blue tilapia. *First International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israel, 8–13 May 1983*. Tel Aviv, 1983, pp. 302–312.
13. Brooks A. C., Maluwa A. O. *Fish farming in Malawi: a case study of the Central and Northern Regions fish farming project. Technical supplement: on-station pond trials*. Malawi, Government of Malawi a. Europ. Commiss., 1997. 37 p.
14. Chakalall B., Gummy A. Programme for the organisational and operational strengthening of the Department of Fisheries of Guyana. *FAO Mission report for the Government of Guyana*. Georgetown, 2002, p. 42.
15. *China statistic yearbook on import and export of aquatic products*. Beijing, [s. n.], 2003. 356 p.
16. Chowdhury S. M. Performance of carps and shrimp farms in Bangladesh. *Aquaculture Asia*, 1997, vol. 11, iss. 2, pp. 11–19.
17. Corea A. S. L. E., Jayasinghe J. M. R. K., Ekaratne S. U. K., Johnstone R. Environmental impact of prawn farming on Dutch Canal: the main water source for the prawn culture industry in Sri Lanka. *Ambio*, 1995, vol. 24, no. 7/8, pp. 423–427.
18. Vinogradov V. K. *Polikultura v tovarnom rybovodstve* [Polyculture in commercial fish farming]. Moskva, TsNIITEIRKh, 1985. 45 p. (in Russian). повтор п. 2
19. Khrustalev E. I., Kurapova T. M., Goncharenok O. E., Cheban K. A. *Korma i kormlenie ryb v akvakul'ture: uchebnik* [Feed and feeding of fish in aquaculture: textbook]. Sankt-Peterburg, Lan', 2023. 388 p. (in Russian)
20. Aquaculture fish farming 1.5 kw impeller aerator for pond. *TOPChinaSupplier*. Available at: https://ru.topchinasupplier.com/wholesale/Aquaculture-Fish-Farming-1-5kw-Impeller-Aerator-for-Pond_128518/ (accessed: 14.11.2024).
21. China high efficiency 2HP pomd using surge wave aerator for sale. *TOPChinaSupplier*. Available at: https://www.topchinasupplier.com/wholesale/China-High-Efficiency-2HP-Pomd-Using-Surge-Wave-Aerator-for-Sale_1766179/?pk_vid=6bf32ef712ca754b1731573780926096 (accessed: 14.11.2024).
22. China fish pond automatic feeder for aquaculture. *TOPChinaSupplier*. Available at: <https://www.topchinasupplier.com/wholesale/China->



Fish-Pond-Automatic-Feeder-for-Aquaculture_1745894 (accessed: 14.11.2024).

Сведения об авторах

Агеец Владимир Юльянович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@mail.ru

Пантелей Сергей Николаевич — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией технологий пресноводной аквакультуры, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Сенникова Виолетта Дмитриевна — старший научный сотрудник лаборатории технологий пресноводной аквакультуры, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@mail.ru

Исаенко Марина Николаевна — младший научный сотрудник лаборатории технологий пресноводной аквакультуры, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@mail.ru

Голушкова Инна Константиновна — кандидат сельскохозяйственных наук, начальник отдела маркетинга и НТИ, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: domryb3@mail.ru

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Sergey N. Panteley — Ph.D. (Agriculture), Head of the Laboratory of Freshwater Aquaculture Technologies, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Violetta D. Sennikova — Senior researcher of the Laboratory of Freshwater Aquaculture Technologies, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Marina N. Isaenko — Junior researcher at the Laboratory of Freshwater Aquaculture Technologies, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Ina K. Haluskova — Ph.D. (Agricultural), Head of Marketing and NTI Department, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: domryb3@mail.ru