

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047002**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.05.27

(21) Номер заявки
202300052

(22) Дата подачи заявки
2023.08.23

(51) Int. Cl. **C02F 9/00** (2023.01)
A01K 61/00 (2017.01)

(54) **УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МУЛЬТИПРОФИЛЬНЫЙ СТЕНД АКВАБИОТЕХНОЛОГИЙ**

(43) **2024.05.21**

(96) **2023000138 (RU) 2023.08.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ
И УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ К.Г.
РАЗУМОВСКОГО (ПЕРВЫЙ
КАЗАЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ)" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Горбунов Александр Вячеславович,
Никифоров-Никишин Алексей
Львович, Климов Виктор
Александрович, Фёдоров Борис
Константинович (RU)**

(74) Представитель:
Пасынок М.С. (RU)

(56) **RU-C1-2489850
RU-C1-2590543
RU-C2-2800479
RU-U1-118169
RU-U1-128608**

(57) Заявленное техническое решение относится к области научного оборудования. Стенд для моделирования аквабиотехнологических процессов включает в себя основной модуль; систему автоматизации управления; контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды основного модуля стационарного типа; биотехнологическую линию дополнительного обеспечения, состоящую из одного удлиненного бассейна и упрощенной системы жизнеобеспечения; биотехнологическую линию, состоящую из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом и системой автономного жизнеобеспечения, включающую насосную группу, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель; биотехнологическую линию, состоящую из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом и системой автономного жизнеобеспечения, включающей насосную группу, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель; контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды для каждой БТЛ стационарного типа; контрольно-измерительный комплекс параметров водной среды переносного типа; автокормушки с управлением по Wi-Fi с индивидуальной настройкой режима кормления. Технический результат заключается в обеспечении автоматизированного контроля основных рыбоводных параметров рабочей модельной среды.

B1

047002

047002
B1

Заявленное техническое решение относится к области научного оборудования мультипрофильного экспериментального типа (входит в реестр Научно-технологической инфраструктуры Российской Федерации, код: 3662433), способного реализовать постановку экспериментальной НИД и прикладные испытания в модельных контролируемых условиях, в областях: рыбоводство, технологии аграрно-промышленного комплекса (АПК), биотехнологии, биоинжиниринг, наилучшие доступные технологии (НДТ), цифровая трансформация в рыбохозяйственной сфере, прикладное проектное моделирование.

Из уровня техники известны различные установки в области разведения водных животных, например, см. патенты РФ:

RU 48700 U1, опубл. 10.11.2005 (биокомплекс, включающий теплицу с системами отопления, водоснабжения, освещения, вентиляции и установкой по регенерации воды, для совместного выращивания рыб и растений);

RU 61090 U1, опубл. 27.02.2007 (установка для содержания водных организмов с замкнутым циркуляционным контуром воды);

RU 153441 U1, опубл. 20.07.2015 (комплекс для воспроизводства рыбы, включающий мобильные рыбоводные модули, выполненные в виде прицепов на колесах);

RU 2489850 C1, опубл. 20.08.2013 (автономный рыбоводный модуль, с образованием замкнутого циркуляционного контура емкости с водой для выращивания рыбы для помещения, которое имеет форму усеченного кругового конуса, с энергообеспечением от солнечных батарей);

RU 118169 U1, опубл. 20.07.2012 (модульное устройство, моделирующее естественные условия среды для содержания, выращивания, подготовки к нересту осетровых рыб, для пресной и соленой воды, с электронной контрольно-измерительной системой, отслеживающей параметры водной среды в бассейнах и передающей их пользователю).

Недостатками известных аналогов в данном случае является их локализованное целевое назначение, не предполагающее изначально научно-исследовательскую деятельность ни по сути, ни, тем более, по широкому спектру, и отсутствие возможности моделирования аквабиотехнологических процессов, а также отсутствие экономии необходимых биологических и водных ресурсов, низкая эффективность научно-экспериментальной деятельности по перспективным областям деятельности, отсутствие автоматизированного контроля основных рыбоводных параметров рабочей модельной среды и высокая трудоёмкость на экспериментальную и исследовательскую научную деятельность, организацию испытаний по экологической эффективности.

Задачей заявленного изобретения является устранение недостатков известного уровня техники, а также формирование и поддержание модельных условий эксперимента, опыта, испытаний в контролируемой водной среде для целей аквакультуры в различных перспективных областях деятельности, а именно:

Рыбоводство - оценка влияния и биологических способов минимизации риск-факторов в аквакультуре на состояние жизненно важных систем организма гидробионтов; средства защиты и оздоровления рыб; биомониторинг объектов аквакультуры.

Технологии АПК - создание и усовершенствование методик в области рыбоводства и воспроизводства рыбных запасов ценных холодноводных и тепловодных видов рыб, развитие и продвижение органической аквакультуры; технологии мониторинга и прогнозирования состояния водной среды объектов аквакультуры.

Биотехнологии - апробация прикладных альготехнологий и иных направленных водных ценозов экологического значения; усовершенствование кормовых рецептур и кормовых добавок для рыб, технологий и способов их применения; развитие постгеномных технологий.

Биоинжиниринг - проведение стендовых испытаний в целях выработки решений по усовершенствованию технико-технологических устройств и оборудования аквакультуры.

НДТ - апробация и отбор для реестра НДТ специализированного оборудования, устройств, комбикормов, готовящихся к применению, производству и/или закупкам; аквабиотехнологий и биоиндикаторов с целью определения их экологического эффекта.

Цифровая трансформация - отработка биоинформационных технологий, информационных систем и цифровых подходов в пресноводном рыбоводстве и гидроэкологии.

Прикладное проектное моделирование - отработка способов применения и внедрения в практическую пресноводную аквакультуру и экологию пресноводных водоемов полученных результатов.

Технический результат заключается в обеспечении стенда для моделирования аквабиотехнологических процессов, который позволяет обеспечить моделирование аквабиотехнологических процессов, экономию необходимых биологических и водных ресурсов, повысить эффективность научно-экспериментальной деятельности по перспективным областям деятельности посредством возможности проведения комплексных изысканий по научно-прикладной тематике и организации различных условий для видовых особенностей и предпочтений ценных видов рыб, выступающих в качестве рабочего биоматериала или тест-объекта при одновременном (параллельном) эксперименте, а также в обеспечении автоматизированного контроля основных рыбоводных параметров рабочей модельной среды и в снижении трудоёмкости и затраченного исследователем времени на экспериментальную и исследовательскую научную деятельность, организацию

испытаний по экологической эффективности.

Поставленная задача решается, а заявленный технический результат достигается посредством применения заявленного стенда для моделирования аквабиотехнологических процессов, который представляет собой прототип научно-экспериментального оборудования, организованного на напорной магистральной водоподаче (5-7% расхода, после заполнения системы водой) и обратном водоснабжении по замкнутой схеме (с системами механической, биологической и бактерицидной очистки, которые являются объектами биоинжиниринга), или всего стенда одновременно, или основного модуля (предназначенного для создания и раздачи в стенд модельного раствора, заданной биологической нагрузки в аквакультуре и/или биотехнологической линии (БТЛ-1), или с автономным жизнеобеспечением для биотехнологических линий БТЛ-2 и БТЛ-3 (опционно) в целях биозащиты эксперимента по основному модулю и/или подготовки биоматериала по требуемому назначению.

На фигуре изображена общая схема стенда для моделирования аквабиотехнологических процессов.

Под позициями обозначены:

- поз. 1 - централизованное водоснабжение и безреагентная система обезжелезивания воды;
- поз. 2 - система жизнеобеспечения;
- поз. 3 - основной модуль;
- поз. 4 - система автоматики управления для основного рыбоводного модуля;
- поз. 5 - контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды основного модуля стационарного типа;
- поз. 6 - удлиненный бассейн;
- поз. 7 - специализированная биотехнологическая линия (БТЛ-2), состоящая из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом (опционно);
- поз. 8 - специализированная биотехнологическая линия (БТЛ-3), состоящая из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом (опционно);
- поз. 9 - контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды для каждой БТЛ стационарного типа;
- поз. 10 - упрощенная система жизнеобеспечения БТЛ-1;
- поз. 11 - система автономного жизнеобеспечения БТЛ-2;
- поз. 12 - система автономного жизнеобеспечения БТЛ-3;
- поз. 13 - контрольно-измерительный комплекс параметров водной среды переносного типа;
- поз. 14 - канализационный сток;
- поз. 15 - система автоматики управления БТЛ-2;
- поз. 16 - система автоматики управления БТЛ-3.

Заявленный стенд для моделирования аквабиотехнологических процессов представляет собой единый универсальный опытно-экспериментальный комплекс для мультипрофильных исследований, опытов и экспериментов, создания и апробации технологий на модельных аквакультурных растворах, живых гидробионтах, низшей водной растительности и органических отходах жизнедеятельности рыб и гидроэкологических риск-факторах гидробиосистем, специализированных решений для отдельных видов аквакультуры, систем рыбозащиты и биобезопасности. Стенд предназначен для работы в отапливаемом вентилируемом помещении с постоянным водо- и электроснабжением, канализацией, площадью не менее 70 кв.м. и включает в себя следующие элементы: централизованное водоснабжение и безреагентную систему обезжелезивания воды 1; систему жизнеобеспечения 2, которая включает насосную группу, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель, (на фигуре не детализирована); основной модуль 3; систему автоматики управления 4, 15 (БТЛ-2), 16 (БТЛ-3); контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды основного модуля стационарного типа 5; биотехнологическую линию (БТЛ-1) дополнительного обеспечения, состоящую из одного удлиненного бассейна 6 и упрощенной системы жизнеобеспечения 10; специализированную биотехнологическую линию (БТЛ-2), состоящую из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом (опционно) 7 и системой автономного жизнеобеспечения (опционно) 11, включающей насосную группу, компрессор, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель, (на схеме не детализирована); специализированную биотехнологическую линию (БТЛ-3), состоящую из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом (опционно) 8 и системой автономного жизнеобеспечения (опционно) 12, включающей насосную группу, компрессор, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель, (на фигуре не детализирована); контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды для каждой БТЛ стационарного типа 9 (БТЛ-2) и 10 (БТЛ-3); контрольно-измерительный комплекс параметров водной среды переносного типа 13; автокормушки с управлением по Wi-Fi с индивидуальной настройкой режима кормления для 3, 6, 7, 8; канализационный сток 14; компьютер настольный; локальную сеть, для системы управления 4, комплексов 5, 9 и

Wi-Fi контроллеров автокормушек; трубы гидроразводки полипропиленовые, запорную арматуру.

Возможное назначение БТЛ-2 и БТЛ-3: передержка, адаптация, подращивание, карантинизация, профилактика и т.п. объектов, идущих в качестве тест-объектов обеспечения в эксперимент, в зависимости от их видовой физиологии и состояния исходного биоматериала, проведение параллельных экспериментов или испытаний в различных модельных условиях в том числе по холодноводным и тепловодным объектам аквакультуры. БТЛ призваны обеспечивать лабораторно-краткосрочные (от 1 и до 4 месяцев) периоды жизнедеятельности объекта содержания в штатном (физиологически нормальном) модельно-регулируемом режиме, в соответствии с рыбоводными расчётами и ветеринарными правилами содержания объектов аквакультуры; БТЛ-1 является линией дополнительного обеспечения, с ориентацией на инженерно-технологические задачи и поведенческие реакции тест-объектов. На стенде организован общий канализированный водоотвод в канализацию от каждого элемента стендовой установки в случае необходимости.

Стенд функционирует следующим образом.

Разрабатывается и утверждается программа эксперимента, состоящая из одного, нескольких или серии опытов, исследований, изысканий или испытаний, в которых определяются цели, задачи и объекты. Исходя из программных установок НИД, осуществляется разбивка (подготовка) стенда на целевые функциональные блоки, способные обеспечить оптимальное время запланированной экспериментальной НИД, максимально возможный эффект при достижении поставленных целей.

Стенд - это биотехническая водонапорная система, которая наполняется входной водой из источника водоснабжения, проходя этап обезжелезивания 1, после чего вода поступает в систему жизнеобеспечения 2, где проходит обеззараживание и обогащение кислородом и термоподготовку для выбранных экспериментальных объектов (от 5 до 35°C с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$), после чего поступает в распределительную гидросеть стенда; основной модуль на 8 куб.м и БТЛ-1 (2 куб.м), 2, 3 - (по 4 куб.м каждая), возвратные воды которых поступают вновь на систему жизнеобеспечения 2, проходят полный цикл водоподготовки, механическую очистку, биофильтрацию и обеззараживание, обогащение кислородом и термоподготовку, после чего вновь поступают в гидросеть стенда и в элементы основного модуля 3 и БТЛ-1, 2, 3. Стандартный водооборот на стенде заложен 1 раз в час, однако может быть замедлен или ускорен до 2 раз в час посредством насосной группы системы жизнеобеспечения 2 и систему автоматизированного управления 4. В случае переполнения водой по техническим причинам основной системы 3 и элементов 6, 7, 8 организован водоотвод избыточной воды в канализацию 14. БТЛ-1 (элемент 6) функционирует на воде основного модуля, но может быть отсечена на условно короткое время без ущерба от системы централизованного основного жизнеобеспечения, на срок до 5-7 суток, в случае проведения на ней экспериментов экологической значимости, для оценивания эколого-биологического эффекта или иных экспериментально необходимых параметров и/или средообразующих критериев. При работе стенда на модельном растворе он формируется от объектов аквакультуры в заданной экспериментом биологической нагрузке в основном модуле 3, из которого производится задача технологических вод по гидросети стенда в элементы БТЛ-2 и 3 (7 и 8) одновременно или индивидуально, посредством открытия и закрытия соответствующей запорной арматуры.

В случае необходимости и поставленных задач БТЛ-2 и 3 (элементы 7 и 8) могут быть переведены совместно или индивидуально на независимое жизнеобеспечение, подготавливая обратную воду через собственные системы жизнеобеспечения 12 и 13, которые не затрагивают систему централизованного жизнеобеспечения 2, в том числе для распараллеливания модельных условий тепловодной и холодноводной аквакультуры (от 5 до 35°C, с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$), в том числе в связи с ветеринарно-экспериментальной необходимостью биобезопасности, что достигается системой коммутации запорной арматуры (шаровых кранов) открывающих или закрывающих необходимые каналы водотока гидросети стенда, создавая необходимые потоки. При необходимости, в автономном режиме функционирования, водообмен в БТЛ-2 и 3 может быть увеличен до 4 раз в час благодаря индивидуальным насосным группам в системах жизнеобеспечения и соответствующим системам автоматики 15, 16. В случае потребности проводимого эксперимента отдельные составные емкости БТЛ-2 и -3 (элементы 7 и 8) могут иметь индивидуальную функциональную значимость при единообразном качестве воды, подаваемой из централизованной системы жизнеобеспечения или соответственно из элементов 11 и 12 автономной оборотной водоочистки БТЛ-2 и -3 стенда. Каждая из емкостей БТЛ, обладает возможностью водоотвода от переполнения и сброса имеющихся в ней объемов воды в канализацию. Стационарный контрольно-измерительный комплекс стенда фиксирует в постоянном режиме жизненно важные рыбоводные параметры pH и O_2 на элементе основного модуля 3 и каждой из БТЛ 6, 7 и 8, передаваемые в том числе на ПК через локальную сеть; переносной измерительный комплекс способен контролировать критические параметры вод аквакультуры: БПК, мутность, цветность, перманганатная окисляемость и имеет возможность сброса полученных массивов результатов на ПК через соответствующие служебные интерфейсы.

Экспериментальное кормление тест-объектов эксперимента осуществляется по рыбоводным расчетам программы эксперимента посредством индивидуальной или групповой настройки Wi-Fi автокормушек, установленных на основных водонесущих технологических бассейнах 3, 6, 7, 8, где может осуществ-

вляться опытно-экспериментальное содержание объектов аквакультуры с автоматическим дозированием объема, времени и длительности кормления объектов эксперимента для каждого технологического бассейна.

Таким образом, указанный функционально-технический результат достигается за счет многопрофильности возможных исследований, гибкой схемы задействования экспериментальных водоресурсов стенда и режимов работы при относительно стандартном исполнении стендовых элементов (общепринятым в рыбоводстве); существенный объем оборотной воды в стендовой установке, составляет 22 куб.м (что позволят проводить испытания промышленных образцов оборудовани, с учетом необходимой технологической наработки при определении эффективности функционирования в индустриальном режиме), в том числе технологические объемы вод: по БТЛ-1 - 3 куб.м, по БТЛ-2 и БТЛ-3 - по 4 куб.м на каждой, что позволяет реализовать на стенде одновременно до трех сонаправленных экспериментов или масштабируемых опытов на БТЛ (до 7 шт.); стационарное подключение полипропиленовой разводкой из труб диаметром 50 мм позволяет одушевлять регулировку скорости водного потока (водооборачиваемость по всему стенду может быть увеличена до 2 раз в час; по БТЛ-2 и БТЛ-3 в независимом режиме жизнеобеспечения - до 4 раз в час); обеспеченность стенда как основной системой жизнеобеспечения для экспериментальных объектов в расчёте на всю оборотную воду стенда, так и наличием дополнительных систем автономного жизнеобеспечения по БТЛ-2 и БТЛ-3 в необходимых случаях их соответствующего использования; удлиненная форма бассейна БТЛ-1, предусматривая более простую систему водоочистки без специализированного биофильтра с загрузкой, имеет возможность создания режима волны, при котором можно моделировать гидрологические факторы естественных водоемов для отработки современных рыбозащитных технологий для гидротехнических сооружений. Полипропиленовые материалы основного модуля и технологических емкостей стенда, гидроразводки и запорной арматуры, специализированного (токсикобезопасного) насосного оборудования и систем водоподготовки позволяют реализовать экспериментальные испытания в области органической аквакультуры, так как контактирующие с водой поверхности лишены вредных для гидробионтов веществ посредством возможных в результате эмиссионных процессов в водную среду обеспечения. Организованы разъёмно-резьбовые соединения всех элементов стенда для возможностей оперативной замены данных элементов в случае необходимости модификационных изменений по программе планируемого эксперимента, модернизации или ремонта; наличие автоматики управления с сигнализированием при выходе за критические пределы заданных рабочих параметров, возможность аварийного отключения энерготехнологического оборудования, аварийного сброса вод при переполнении рабочих емкостей гидросистемы с целью предотвращения нанесения ущерба другому установленному оборудованию, помещению и персоналу; наличие промышленных автокормушек с управлением через контроллеры Wi-Fi с увеличенным бункерным объёмом на плановый срок опыта или эксперимента (по рыбоводным расчетам); наличие контрольно-измерительного комплекса рыбоводной среды: стационарного типа - по параметрам pH, O₂, по основному модулю и каждой БТЛ; переносного типа по параметрам: БПК, мутность, цветность, перманганатная окисляемость. В процессе НИД контрольно-измерительный комплекс стенда опционно может дооснащаться приборами и оборудованием, необходимыми для создания специализированных программных условий проводимого эксперимента, опыта испытаний и контроля, получения и снятия необходимых контрольных параметров.

Таким образом, заявленное изобретение обеспечивает возможность создания модельных условий аквабиотехнологических процессов, необходимых для соответствующей программы НИД процессов, экономии необходимых биологических и водных ресурсов, что позволяет повысить эффективность научно-экспериментальной деятельности по перспективным областям деятельности посредством возможности проведения комплексных изысканий по научно-прикладной тематике и организации условий жизнедеятельности для различных видовых особенностей и предпочтений ценных видов рыб, выступающих в качестве рабочего биоматериала или тест-объекта при одновременном (параллельном) эксперименте, а также в обеспечении автоматизированного контроля основных рыбоводных параметров рабочей модельной среды и в снижении трудоёмкости и затраченного исследователем времени на экспериментальную и изыскательскую составляющие научной деятельности, организацию испытаний по экологической эффективности.

Примеры

Пример 1, в области рыбоводства.

Тема НИД - Оценка биологических способов влияния в аквакультуре на состояние жизненно важных систем организма гидробионтов.

Задача - Определение воздействия водного экстракта *Laminariocolax acidioides* на биохимические показатели крови Африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*).

Организация НИД - Сеголетки африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*), в количестве 30 особей (78,29±22,8 г, 19,9±1,75 см) адаптировались в дополнительной линии БТЛ-1 (6, 9, 10) в течение 7 дней на воде типового модельного раствора из рыбоводного модуля 3, после чего пересаживались для опытов в экспериментальных группах по 10 особей в три технологические емкости по 1000 л БТЛ-2 (6), при этом обеспечивалось условие L:D=12:12 и контролировались жизненно важные параметры - pH 7,0-7,5, t=26-28°C (7, 9, 11). Длительность эксперимента 60 дней.

Было сформировано три опытные группы: 1 группа - контроль, 2 группа - 10 сомов кормили 5% обогащенным экстрактом, и 3 группа, 10 сомов - 15% добавление экстракта. Сомов кормили два раза в день в 10:00 и 18:00, суточная норма кормления составляла 4,0% от биомассы выращиваемых рыб. После чего в лабораторных условиях проводился забор и биохимический анализ крови у трех особей клариевого сома без видимых повреждений из каждой опытной и контрольной групп. Приготовленный в лабораторных биоинкубаторах экстракт *Laminariacola acidioidea* в концентрации 5 и 15% на 100 г. корма, вводили в опытные корма путем распыления и высушивания при температуре 40°C до первоначальных значений влажности и хранили при температуре 4°C в герметичных контейнерах не более 1 недели.

НИД проводилась на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки (УНУ) НТИРФ, Рег. № 3662433 "Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии".

Результаты НИД - Показана целесообразность включения микроскопической водоросли *Spirulina* spp., *Chlorella* spp. в рецептуры кормов для аквакультуры, поскольку исследования показали, что содержание фракций фукоиданов (около 12%) было сравнимо с его концентрацией в талломах макроводорослей, т.е. предложена возможность использования *L. acidioidea* в качестве альтернативного источника этих полисахаридов. Оценка влияния экстракта на биохимические параметры крови клариевого сома выявила позитивное влияние 5% экстракта на состояние печени, почки и углеводного обмена рыб, тогда как более высокие концентрации экстракта (15%) нарушали работу этих органов (наблюдалось отклонение от нормы АСТ, щелочной фосфатазы и креатинина).

Пример 2, в области технологий аграрно-промышленного комплекса (АПК).

Тема НИД - Технологии мониторинга: оценка кормового поведения радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при внесении в корма комплексной кормовой добавки с включением компонентов, повышающих его поедаемость.

Задача - Оценка разработанной кормовой добавки на основе растительных экстрактов по кормовой привлекательности для отработки метода применения оценки кормового поведения, на примере радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Основной корм приготавливался на базе экспериментального кормового цеха методом холодного гранулирования на двухвалковом грануляторе "ZLSP-120", по стандартной рецептуре кормов для форели, а в качестве компонентов кормовой добавки использовались рапсовое масло, экстракт ликопина, конопляное масло и коричный альдегид. Тест-объект - радужная форель породной группы "Адлерская". Исследования выполнялись на УНУ МГУТУ, Рег. № 3662433

Организация НИД - Радужная форель предварительно акклиматизировалась в условиях основного рыбоводного модуля на 8 куб.м. экспериментальной УЗВ УНУ 2, 3. Для проведения эксперимента акклиматизированная форель перегружалась в линию дополнительного обеспечения БТЛ-1 96, 10), технологический бассейн длиной 6 м, шириной и высотой до 0,7 м, объемом воды 2 куб.м, где поддерживалось необходимое в данном краткосрочном опыте качество воды за счет соответствующей системы жизнеобеспечения 10: температура воды составляла 16,3±0,7°C, водородный показатель 7,8±0,2, содержание кислорода в среднем 8,4±0,4 мг/л), что контролировалось контрольно-измерительным комплексом рыбоводной среды для БТЛ стационарного типа).

Подача воды в экспериментальную БТЛ-1 стенда 6 осуществлялась из нескольких водотоков для формирования однородного реофильного режима на всей протяженности экспериментальной емкости с целью получения достоверных результатов оценки поведения в кормовых зонах. В бассейн помещалась опытная группа рыб, состоящая из 10 экземпляров радужной форели длиной 22,4±0,1 см и весом 158,3±11,6 г. На торцевых сторонах бассейна были установлены синхронизированные автоматические Wi-Fi кормушки, в одну из которых помещался контрольный корм, во вторую - опытный корм с кормовой добавкой; норма кормления составляла 36,34 г (18,16 - контроль, 18,16 - опыт) в сутки в расчете на биомассу рыб. Сбоку от автокормушек были установлены камеры, подключенные к компьютеру, фиксирующие поедание корма в соответствующих зонах кормления (К31 и К32)

Результаты НИД - Удалось выявить аттрактантные и/или инсайтантные свойства кормовой добавки для радужной форели, содержащей рапсовое и конопляное масла, ликопин и коричный альдегид. Разработанная схема опыта и экспериментальный стенд позволяют оценить различия в пищевой привлекательности промышленных гранулированных комбикормов для радужной форели по времени нахождения и количеству рыб в кормовой зоне, скорости поедания кормов (тестовый период и период валидации). Включение в стандартную рецептуру кормов разработанной кормовой добавки в количестве 0,3 и 0,5% от массы корма достоверно влияло на пищевую избирательность форели в модельных условиях, однако значительной разницы между двумя протестированными концентрациями (0,3 и 0,5%) по исследуемым показателям выявлено не было, при этом в корме с большей концентрацией аттрактанта отмечалось изменение поведения рыб, выраженное в скоплении рыб в кормовой зоне в периоды между кормлениями. Полученные данные позволяют рекомендовать испытываемую добавку для улучшения поедаемости кормов, приготовленных по стандартной рецептуре.

Пример 3, в области биотехнологии.

Тема НИД - Усовершенствование кормовых рецептур и кормовых добавок для рыб.

Постановка задачи - Содержание телятий и их экспериментальное прокармливание в испытуемый период представленными образцами кормов с инноприном, по схеме Заказчика. Проведение "слепого эксперимента". Сопутствующие лабораторные исследования контроля: взятие тканей и фиксация; изготовление рабочих гистологических препаратов; оценка ряда параметров гистологических показателей, формирующих прогнозную картину здоровья рыб, таких как общая архитектура органа, наличие/отсутствие признаков воспалительных реакций, накопление липидов, гликогенов и других запасаемых веществ, а также количественная оценка патологических нарушений и морфометрических параметров. Исследования выполнялись на УНУ МГУТУ, Рег. № 3662433.

Организация НИД - Экспериментальные образцы телятий в количестве 12 шт. были собраны в четыре группы (АК1, АК2, АК4 и АК5), по 3 шт. в каждой, и необходимые корма с инноприном для каждой группы. Контрольная группа экспериментальных образцов телятий "слепым экспериментом" не предусматривалась. Телятии содержались в рабочих экспериментальных емкостях БТЛ-2 (7) и БТЛ-3 (8) по 1,0 куб.м. воды для каждой группы; БТЛ были включены в автономном режиме, при жизнеобеспечении с помощью систем 11 и 12 соответственно и температуре воды $23^{\circ}\text{C}\pm 0,5\%$ с поддержкой водообмена 1 раз/ч, что регулировалось системами автоматики управления 15 и 16 соответственно и контролировалось контрольно-измерительным комплексом рыбоводной среды для БТЛ стационарного типа 9 в отношении O_2 и pH. Каждая группа кормилась через Wi-Fi автокормушки в течение 10 дней, одновременно в каждой группе.

Результаты НИД - Исследования гистологических препаратов взятых образцов тканей печени у прокармливаемых кормом с инноприном групп телятий позволили установить наличие различий между опытными группами. Общая структура печеночной ткани в группах АК1 и АК2 соответствовала норме для данного вида рыб, а в группах АК4 и АК5 была существенно изменена. Измерение морфометрических параметров подтвердило наличие количественных изменений цитологических параметров печеночной ткани в данных группах, преимущественно выражающееся в дистрофии (увеличение площади вакуолей) и гипертрофии элементов ткани (увеличение площади клетки/ядра). Даны рекомендации Заказчику по возможностям применения инноприна в товарной аквакультуре.

Пример 4, в области биоинжиниринга.

Тема НИД - Проведение стендовых испытаний установки бактерицидной очистки в целях выработки решений по её усовершенствованию в рыбоводных УЗВ для улучшения качества водной среды.

Задача - Определение наилучшего режима работы испытуемого образца установки бактерицидной очистки, по показателям качества аквакультурных вод (см. Приказ МСХ РФ № 552), загрязненных органическими веществами.

Возможные режимы работы объекта испытаний согласованы с проектировщиком в программе НИД и сформулированы в прилагаемой документации на объект испытаний. Испытания проводятся в соответствии с планом-графиком эксперимента.

Организация НИД - Испытания проводятся на специализированном стенде с применением комплексных модельных растворов, подготовленных последовательно в рыбоводном модуле 3 по трем типам (линиям) органической нагрузки - 0,5; 1,0; 1,5 ед. расчетной биомассы. В качестве биомассы выступает форель в расчетном объеме 40 кг для 1,0 ед. биомассы в рыбоводном модуле 3 соответственно. Модельный раствор создается при интенсивном индустриальном кормлении биомассы каждого создаваемого раствора комбикормом для форели, размерностью 7 мм посредством настроенных Wi-Fi автокормушек, 10 раз в светлое время суток. После чего созданный модельный раствор раздается в технологические секции БТЛ-3 (8). Между секциями БТЛ-3 (8) и БТЛ-2 (7) размещается испытуемое устройство. Модельный раствор меняется 3 раза в трех рабочих малых технологических емкостях БТЛ-3 (8), перед началом каждого опыта (в серии по 3), после чего, производится изменение режима работы устройства согласно матрице эксперимента. Рыбоводный модуль 3 восполняется водой отобранного объема воды и нормализуется к расчетной бионагрузке испытуемой линии путем выстаивания в течение трех суток. После реализации цикла прогона через устройство в заданном режиме из БТЛ-3 (8) по приёмным секциям БТЛ-2 (7) производятся необходимые контрольные замеры согласно программе эксперимента, после чего малые технологические емкости БТЛ-2 (7) очищаются от воды сбросом в канализацию, а исходные малые технологические секции БТЛ-3 (8) заполняются вновь через трое суток из рыбоводного модуля восстановленным модельным раствором. Плановая длительность каждой экспериментальной линии - 18-20 суток.

Контроль показателей модельного раствора осуществляется в рыбоводном модуле 3 с помощью контрольно-измерительного комплекса параметров водной среды переносного типа 13 по ОСТ 155.372-87 - аммоний-ион, нитрат-ион, фосфат-ион; контрольно-измерительным комплексом стационарного типа (5) - pH (7,0-8,0), O_2 (мг/л: 9,5 на входе, 7 на вытоке), температура воды (15°C).

Контроль режимов работы устройства осуществляется по показателям: БПК₅, БПК_{полн.}, мутность, цветность, перманганатная окисляемость - с помощью контрольно-измерительного комплекса параметров водной среды переносного типа 13. Оценка наилучшего режима работы устройства производилась по так называемому комплексному интегральному показателю - санитарно-экологический признак вредности (С), характеризующий кумулятивный эффект, согласно разработанной методике оценки качества.

Технические средства и оборудование, применяемые при испытаниях, включают в себя испытательное оборудование 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12, средства измерений 5, 9, вспомогательные технические устройства 4, 13, 15, 16, компьютер, Wi-Fi автокормушки, средства испытаний (ЗИП и расходные материалы).

Результаты НИД - Определен наилучший режим работы испытуемого образца установки в каждой линии и в комплексе, по интегральному показателю санитарно-экологический признак вредности каждого испытанного режима, полученному на основании контролируемых показателей качества улучшаемой воды, загрязненной органическими веществами аквакультуры. Даны соответствующие рекомендации (не технического свойства) разработчику устройства на предмет возможных доработок и научно-технологических доисследований.

Пример 5, в области наилучших доступных технологий (НДТ).

Тема НИД - Зеленые аэротехнологии: оценка влияния работы установки ультразвукового и ультрафиолетового излучения (УФУЗ) на показатели качества водной среды холодноводной УЗВ.

Задача - Оценка эффективности применения ультразвукового и ультрафиолетового излучения системе водоподготовки УЗВ на холодноводной аквакультуре, по показателям мутности и цветности. Исследования выполнялись на УНУ МГУТУ, Рег. № 3662433.

Организация НИД - Перед началом опыта проводилась адаптация объекта выращивания к условиям содержания в БТЛ-2 и БТЛ-3 (7, 8) на воде основного рыбоводного модуля 3, с водообменом 1 раз/ч и температурой воды в $16,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$, которая обеспечивалась системами жизнеобеспечения 2 и автоматики управления 4. Гидрохимические параметры среды контролировались контрольно-измерительным комплексом рыбоводной среды для БТЛ стационарного типа 9 в отношении O_2 и pH - водородный показатель составлял $\text{pH } 7,8 \pm 0,2$; содержание кислорода не ниже 8 мг/л (в среднем $8,4 \pm 0,4$ мг/л).

Экспериментальная установка УФУЗ встраивалась в состав системы водоподготовки 2, оснащённой системами механической и биологической очистки, с подменой 10% воды испытательного стенда УЗВ. В основном рыбоводном модуле 3 объёмом 8000 л создавался модельный раствор для акклиматизированных лососевых видов рыб (форели), после перегрузки их из БТЛ-2 и БТЛ-3, путем индустриального содержания с кормлением особой радужной форели общей расчетной биомассой 40 кг, что составляет 1 ед. биологической нагрузки в течение 5 суток (средняя масса рыб составляла $900 \pm 15\%$). Во время всего эксперимента осуществлялось индустриальное кормление рыбы продукционным гранулированным кормом для лососевых видов рыб диаметром 7 мм в соответствии с рекомендацией производителя (при $\text{KK}=1,0$) через настроенные Wi-Fi автокормушки. По ходу опыта проводился мониторинг режимов моноработы устройства: без воздействия УЗ и УФ (контроль); группа с использованием источника УФ-излучения (УФ); группа с использованием УЗ деструктора (УЗ) группа; группа, включающая совместное воздействие УФ и УЗ (УФУЗ).

Определение показателей мутности и цветности производилось через определенные промежутки времени работы установки в определенном режиме: 1 ч (Т1), 6 ч (Т6), 12 ч (Т12) и 24 ч (Т24). Продолжительность опыта для каждого режима работы составляла 3 суток, общая продолжительность эксперимента 12 суток. Между испытанием различных режимов работы установки в двое суток проводилась нормализация гидрохимических параметров модельного раствора к контрольным параметрам.

Определение мутности и цветности производилось непосредственно после отбора проб согласно ГОСТ Р 57164-2016 и ГОСТ 31868-2012, с использованием фотометра "Эксперт-003" контрольно-измерительного комплекса параметров водной среды переносного типа 13. Статистическая значимость результатов определялась с помощью теста Манна-Уитни (значение $p < 0,05$ принималось как статистически значимое); статистические данные обрабатывались с помощью программы GraphPad Prism версии 8.0 (GraphPad. San Diego. CA. USA) лаборатории УНУ.

Результаты НИД - Установлено достоверное снижение цветности при режимах работы УЗ и УФУЗ на 26,7 и 27,4% при длительности экспозиции 12 и 24 ч соответственно. Данные режимы работы не оказали влияния на мутность воды, что вероятно связано изначально низким показателем мутности ($1,16 \pm 0,15$ ЕМФ). Полученные в исследовании результаты позволяют предположить, что использование проточной установки с комбинированием действием УФ и УЗ может способствовать улучшению ряда гидрохимических параметров воды для выращивания объектов аквакультуры. Зафиксированные изменения являются следствием снижения микробиологической нагрузки, уменьшения количества растворенного вещества и другими гидрохимическими процессами в УЗВ системе испытательного стенда.

Пример 6, в области цифровой трансформации в рыбохозяйственной сфере.

Тема НИД - Отработка биоинформационных технологий, информационных систем и цифровых подходов в пресноводном рыбоводстве и гидроэкологии.

Задача - Разработка программно-аппаратного диагностического комплекса (ПАДК) УЗВ стенда УНУ по Agile практикам для формирования и работы со специализированными и разнородными BigData.

Организация НИД - Предполагается три последовательных этапа инновационной НИОКР: научно-исследовательские работы, технологическая подготовка, опытно-конструкторские работы. Необходимые действия: объединение получаемых контрольных и дополнительных показателей измерительных ком-

плексов 5, 9, 11 технологической водной среды и систем управления 4, 15, 16, а также ряда инновационных показателей биометрического характера для подвижного живого объекта в водной среде 3 в базе данных, наборе метрик, с возможностью их накопления в синхронизированном эксперименту режиме, в том числе с дублированием в облако, для возможности обработки и анализа по запросу и визуализации на дашбордах в том числе в удаленном режиме, через магистральную шину данных стенда на ПК через API интерфейсы и с применением бесконтактных биометрических инновационных модулей искусственного интеллекта (инновационные разработки ИИ). Отладка новых решений применения ИИ производится на БТЛ-1, БТЛ-2 и БТЛ-3, сборка и апробация решения-прототипа - на рыбоводном модуле 3.

Результаты НИД - Создание технологической документации ПАДК, объединяющего получаемые от приборных датчиков данные эксперимента по RS-485, способного получать метрические и биологические данные от культивируемых объектов (бесконтактным образом), а также параметров водной среды (биологические, гидрофизические, качественные характеристики) пресноводной аквакультуры (в бассейнах) в онлайн режиме с асинхронным сохранением по заданному таймеру в серверную базу данных, облако и возможностью выбора дашбордов для визуализации на рабочем месте оператора и экраны воспроизводящих цифровых панелей.

Прочее - Выполняется в кооперации со специализированными IT-компаниями или квалифицированными специалистами. План инновационно-технологического развития УНУ МГУТУ, Рег. № 3662433 до 2030 г.

Пример 7, в области прикладного проектного моделирования.

Тема НИД - Прикладное проектное моделирование внедрения в практическую пресноводную аквакультуру малых пресноводных водоемов полученных результатов.

Задача - Отработка способов применения и внедрения в практическую пресноводную региональную аквакультуру полученных на программно-аппаратном диагностическом комплексе (ПАДК) данных и иных научно-прикладных результатов.

Организация НИД - Используя комплексные засинхронизированные данные, полученные на ПАДК универсального мультипрофильного стенда аквабиотехнологий УНУ, Рег. № 3662433 для объектов аквакультуры условий их жизнедеятельности и товарного культивирования, применения тех или иных кормов, рыбоводных риск-факторов, создаётся проектная локализованная по месту применения модель рыбоводного хозяйства заданной мощности, с рыбоводной оценкой возможных перспектив развития. Моделирование производится посредством разработанной и созданной информационной системы при обработке и анализе выборок из практически полученных метрик по рыбоводно-экологическим параметрам, которые максимально приближены к природно-антропогенным условиям окружающей среды у Заказчика.

Результаты НИД - внедрение проектов смоделированных условий объектно-видовых условий региональной аквакультуры, на основе выборок данных ПАДК, в зависимости от региональной компоненты и абиотических условий.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Стенд для моделирования аквабиотехнологических процессов, который представляет собой единый опытно-экспериментальный комплекс для мультипрофильных исследований, опытов и экспериментов, создания и апробации технологий на модельных аквакультурных растворах, живых гидробионтах, низкой водной растительности и органических отходах жизнедеятельности рыб и гидроэкологических риск-факторах гидробиосистем, решений для отдельных видов аквакультуры, систем рыбозащиты и биобезопасности, организованный на напорной магистральной водоподаче и оборотном водоснабжении по замкнутой схеме, или всего стенда одновременно, или модуля, предназначенного для создания и раздачи в стенд модельного раствора заданной биологической нагрузки в аквакультуре и/или биотехнологической линии (БТЛ-1), или с автономным жизнеобеспечением для биотехнологических линий БТЛ-2 и БТЛ-3 в целях биозащиты эксперимента по основному модулю и/или подготовке биоматериала по требуемому назначению, и содержащий централизованное водоснабжение и безреагентную систему обезжелезивания воды; систему жизнеобеспечения, которая включает насосную группу, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель; основной модуль, предназначенный для создания и раздачи в стенд модельного раствора, заданной биологической нагрузки в аквакультуре и/или биотехнологической линии (БТЛ-1); систему автоматики управления; контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды основного модуля стационарного типа; биотехнологическую линию (БТЛ-1) дополнительного обеспечения, состоящую из одного удлиненного бассейна и упрощенной системы жизнеобеспечения; биотехнологическую линию (БТЛ-2), состоящую из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом и системой автономного жизнеобеспечения, включающую насосную группу, компрессор, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель; биотехнологическую линию (БТЛ-3), состоящую из комплекса соединенных в одно целое трех технологических емкостей, с единым разнонаправленным водоподводом и водоотводом, системой

автономного жизнеобеспечения, включающей насосную группу, компрессор, механическую фильтрацию, биологический фильтр, обеззараживающую систему, оксигенатор, чиллер, подогреватель; контрольно-измерительный комплекс рыбоводной среды для каждой БТЛ стационарного типа; контрольно-измерительный комплекс параметров водной среды переносного типа; автокормушки с управлением по Wi-Fi с индивидуальной настройкой режима кормления; канализационный сток; компьютер настольный; локальная сеть для системы управления, стационарного контрольно-измерительного комплекса, комплексов и Wi-Fi контроллеров автокормушек; полипропиленовые трубы гидроразводки и запорную арматуру, при этом разрабатывается и утверждается программа эксперимента, состоящая из одного, нескольких или серии опытов, исследований, изысканий или испытаний, в которых определяются цели, задачи и объекты, исходя из программных установок НИД, осуществляется разбивка и подготовка стенда на целевые функциональные блоки.

