

Разработка прототипа цифровой платформы системы управления и мониторинга технологических процессов биотехнической системы

Т.В. Хуртина, М.Г. Жабицкий, Ю.А. Андриенко

Аннотация — За последние десятилетия производство аквакультуры в рыбе быстро выросло в объеме производства и экономической урожайности, и сегодня она является ключевым поставщиком морепродуктов. В данной работе рассматривается производство разнородных рыбных популяция на предприятии ООО "ПАНИНСКОЕ ПЛЮС".

Объектом глубокой цифровой трансформации является действующее высокоинтенсивное аквабиотехнологическое предприятие по выращиванию рыбной продукции (порода кармут) в товарных объемах по технологии замкнутого водообращения. Предметом исследования является автоматизация производственных процессов. При увеличении объемов производства возникает необходимость автоматизации, что позволяет снизить требуемое количество ресурсов на единицу продукции. Преимущества автоматизации заключаются в технологичности, удобстве контроля и управления рабочими процессами, что в свою очередь помогает снизить вероятность человеческой ошибки и повысить качество производства. Научная новизна состоит в разработке концепции автоматизации существующего производства с определенными технологическими параметрами для выращивания конкретного вида рыбы и ее реализации. Ожидаемым результатом работы является прототип информационной системы, повышающей эффективность производства разнородных рыбных популяций.

Ключевые слова — аквакультура, технология Интернет вещей, язык Go, обеспечивающие системы, бассейны, база данных, цифровая платформа, монолитная архитектура, трехзвенная архитектура.

Статья получена 07 июня 2022.

Хуртина Татьяна Викторовна, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, магистрант, khurtinatat98@gmail.com

Жабицкий Михаил Георгиевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, Заместитель директора ВИШ, jabitsky@mail.ru

Андриенко Юрий Анатольевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, старший преподаватель ВИШ, yand@outlook.com

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент рыбохозяйственная деятельность является одной из наиболее активно развивающихся областей сельского хозяйства в РФ и в мире. В 2015 г. ООН выпустила документ «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», в котором целью значится «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития» [1]. В частности данная цель была определена в связи с ростом потребности человечества в рыбных ресурсах и последовавшим за этим чрезмерным выловом рыбы. Одним из решений является ведение аквакультуры.

Также, за последние десятилетия производство аквакультуры в рыбе быстро выросло в объеме производства и экономической урожайности, и сегодня она является ключевым поставщиком морепродуктов [2].

К основным проблемам рыболовства относятся:

- Низкий контроль качества воды
- Аварии оборудования
- Низкая продуктивность

Таким образом, происходят огромные потери из-за ручного оборудования и сбоя в управлении [3].

II. АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ

Объектом исследования является ООО "ПАНИНСКОЕ ПЛЮС". Предприятие расположено в Курской области, существует с 2009 года. Породы рыб: рыба-шар (*Clarias anguillaris*) и форель. Производство основано на технологии замкнутой циркуляции воды. Объем производства - более 540 тонн в год (2021). Объем водной среды обитания составляет 500 кубических метров, объем рыбоводных резервуаров - 250 кубических метров. Имеются 64 резервуара, общая производственная площадь 2000 кв.м. Единовременное количество рыбы - до 120 тонн.

На рисунке 1 – изображена цифровая модель экофермы "Панинское Плюс", включающая в себя системы и бассейны.

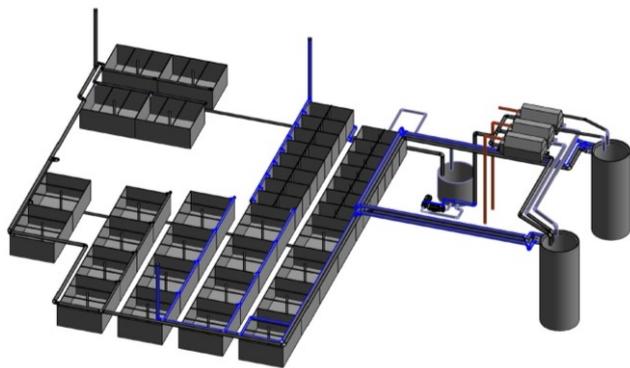


Рисунок 1 – Цифровая модель эконофермы "Панинское Плюс"

Сейчас информацию о состоянии некоторых систем получают ручным способом, информацию об остальных системах не получают вовсе. При кормлении сотрудник подбирает приблизительный вес корма, не используя измерительных приборов, что зачастую приводит к неправильной дозе кормления. Это приводит к быстрому загрязнению водоемов.

Исследования доказали, что оптимальная продукция рыбы полностью зависит от лучшего управления многочисленными химическими, физическими и биологическими характеристиками воды в рыбоводных прудах [4,5,6,7]. Таким образом, эффективное управление прудом с рыбой требует учета качества.

III. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для решения текущих проблем нужно разработать прототип цифровой платформы системы управления и мониторинга технологических процессов биотехнической системы.

Для разработки проекта были поставлены следующие задачи:

1. Обследование объекта автоматизации
 - a. Интервьюирование
 - b. Посещение фокус группы
 - c. Наблюдение реальной работы предприятия
 - d. Выявление и формализация требований
2. Анализ существующих систем
3. Определение логической модели
 - a. Определение объектов контроля и мониторинга,
 - b. Определение потока данных в системе
 - c. Определение нужд хранения информации
 - d. Определение нужд визуализации информации
4. Физическое проектирование
 - a. Проектирование архитектуры цифровой платформы
 - b. Проектирование базы данных
 - c. Проектирование интерфейсов
 - d. Реализация прототипа

Научная новизна состоит в разработке концепции автоматизации существующего производства с определенными технологическими параметрами для выращивания конкретного вида рыбы и ее реализации.

IV. ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

Для решения текущих проблем рыбоводства будет создан прототип цифровой платформы системы управления и мониторинга технологических процессов биотехнической системы.

Основные функции прототипа:

- Сбор и хранение данных о состоянии обеспечивающих систем, популяций
- Мониторинг состояния обеспечивающих систем
- Предоставление информации пользователям и участникам процессов
- Отправка уведомлений, в случае отклонения показаний датчиков от установленной нормы
- Постановка заданий сотрудникам

Предлагается системы предприятия оборудовать датчиками. Данные с датчиков будут отправляться на цифровую платформу для сбора, хранения и анализа данных. Далее отображаются на компьютере сотрудника в соответствии с ролевой моделью.

После внедрения прототипа цифровой платформы на предприятие ожидается следующая польза:

- Оптимизация процессов управления;
- Повышение точности и надежности процессов;
- Увеличение качества и объемов изготавливаемой продукции;
- Исключение или сокращение рисков влияния человеческого фактора;
- Повышение производительности труда;
- Снижение трудоёмкости операций;
- Повышение комфорта персонала
- Контроль издержек

A. Архитектура решения

Разрабатываемое программное обеспечение имеет небольшое количество бизнес-сценариев, нуждается в простой разработке и в простом развертывании. Поэтому, в качестве архитектуры программного обеспечения было отдано предпочтение монолитной архитектуре, чем микросервисной.

Предлагается архитектура с тремя звеньями веб-клиент, сервер и хранилище данных.

В предлагаемой мною архитектуре были реализованы ключевые модули ПО, которые обеспечивают цифровую платформу.

Системы обеспечения и бассейны будут оборудованы датчиками. Сейчас для проверки работоспособности цифровой платформы показания датчиков эмулируются.

Также, предполагается, что в будущем можно доработать цифровую платформу для отправки управляющего сигнала на механизм, например роботизированное кормление.

На рисунке 1 изображена разработанная структурная схема.

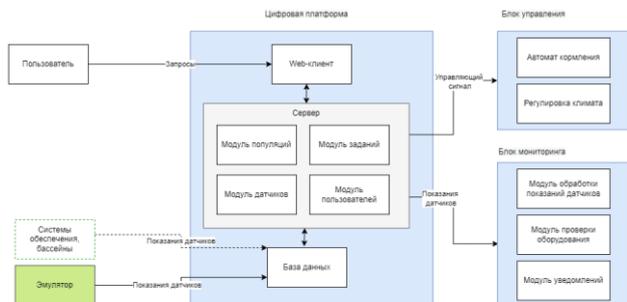


Рисунок 2 – Разработанная структурная схема

Предлагаемое решение поддерживает не только определение качества воды, но и получение данных о работе всех систем предприятия.

В данной работе была выбрана реляционная модель базы данных, так как разрабатываемый прототип цифровой платформы имеет все причины для выбора реляционной модели базы данных: необходимость соответствия базы данных требованиям ACID, имеются логические требования к данным, важна целостность данных и требуется хорошо зарекомендовавшая себя технологи [8,9].

В. Инструментарий

В качестве языка программирования для серверной части цифровой платформы выбран Go.

При выборе было произведено сравнение с самым популярным языком программирования по версии Индекса ТЮВЕ (тиобэ) – Python. В таких задачах, как выполнение операции чтения, сортировка пузырьком, бинарный поиск, обработка http запроса и в выполнение математических вычислений Go показал результаты значительно лучше, чем Python.

Go представляет компилируемый статически типизированный язык программирования от компании Google [10].

Генерация машинного кода Go довольно хорошо проработана и поддерживает все основные ОС (Linux, macOS, Windows) и архитектуры (Intel x86/x86-64, ARM64, WebAssembly, ARM и др.).

Скорость сборки в абсолютных величинах достаточно хорошая, Go спроектирован так, чтобы упрощать компиляцию и анализ зависимостей. Это свойство обеспечивает устойчивость разработанных проектов при наращивании сложности (масштабируемость).

Были рассмотрены пять популярных реляционных СУБД:

- Oracle
- MySQL
- Microsoft SQL Server
- PostgreSQL
- SQLite

Для реализации прототипа цифровой платформы не подходят СУБД Oracle [11] и Microsoft SQL Server [12] по причине своей дорогой стоимости. СУБД SQLite не подходит из-за отсутствия репликации данных [13].

Для разрабатываемой платформы наиболее приемлемыми вариантами является использование СУБД MySQL [14] или PostgreSQL [15].

На основании преимуществ и недостатков [16,17], для реализации прототипа цифровой платформы в качестве СУБД была выбрана MySQL, но схема базы данных и сценарии для ее создания могут быть реализованы и на других СУБД тоже.

По версии TOPDB Top Database Index, MySQL занимает 2-ое место (после Oracle) в рейтинге популярности СУБД [18].

Помимо универсальности и распространенности, СУБД MySQL обладает комплексом важных преимуществ, такими как:

- Простота в использовании.
- Обширный функционал.
- Безопасность. Данное свойство обеспечивается за счет функционирования количества соответствующих опций по умолчанию. Таким образом, встроенный уровень безопасности обеспечивается в большинстве приложений без дополнительных настроек.
- Масштабируемость. Предлагаемое решение широко применяется для задач, как с большим, так и с относительно малым объемами данных без потери эффективности.
- Скорость. Система обеспечивает высокую производительность обработки данных. Данное свойство является следствием упрощения некоторых применяемых стандартов.
- Поддержка репликации баз данных

С. Описание работы прототипа цифровой платформы

После успешной авторизации пользователь попадает на страницу «Главная». Функции доступные для трех ролей пользователя отличаются.

Ниже перечислены функции, доступные роли «Сотрудник»:

- Добавление популяции и просмотр существующих
- Добавление информации о кормлении популяции и просмотр существующей
- Добавление информации о росте популяции и просмотр существующей
- Просмотр своих заданий
- Просмотр графиков показаний датчиков
- Добавление датчика и просмотр существующих

Роли «Начальник смены» помимо функций доступных роли «Сотрудник», доступна постановка заданий сотрудникам в соответствии с рисунком 3.

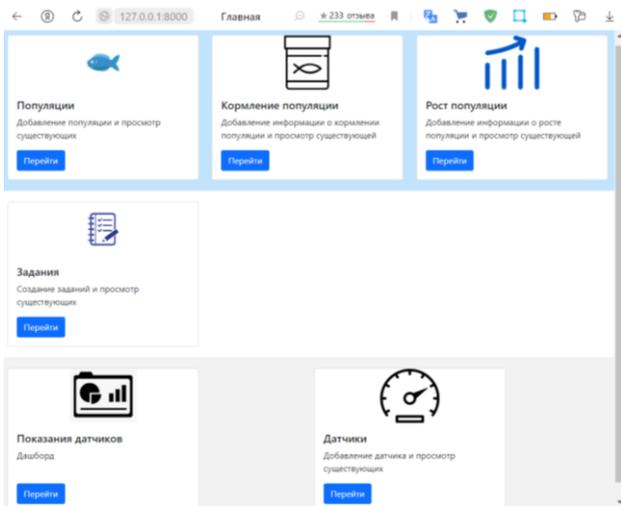


Рисунок 3 – Страница «Главная» для роли «Начальник смены»

Роли «Администратор» недоступно создание и просмотр заданий, доступно создание и просмотр пользователей.

На рисунке 4 изображена страница добавления нового датчика и просмотра существующих.

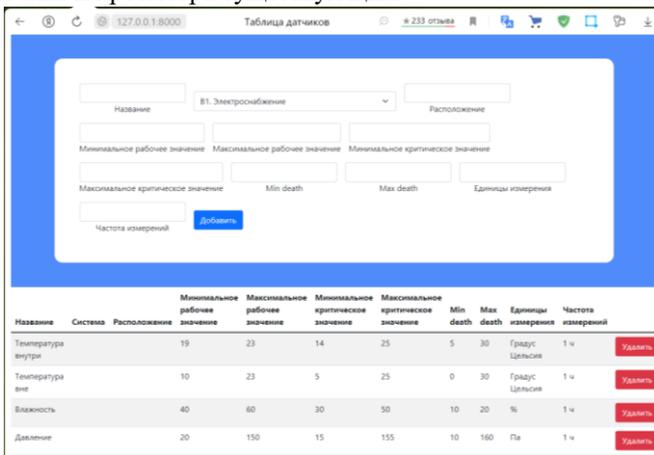


Рисунок 4 – Добавление нового датчика и просмотр существующих

Показания датчиков выводятся на линейном графике за сутки, частота измерений – 1 час в соответствии с рисунком 5. Линиями помечены диапазоны значений: допустимые значения, критические значения и значения смерти.

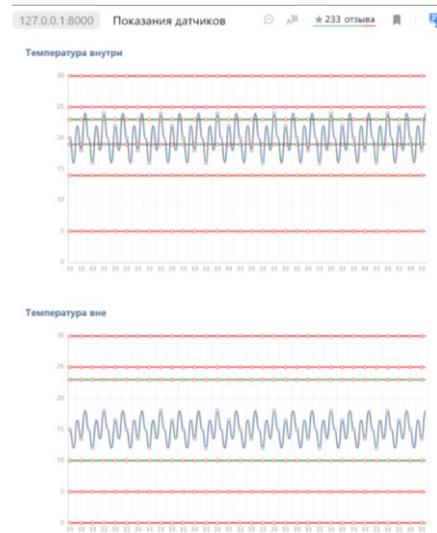


Рисунок 5 – Показания датчиков

На рисунке 6. изображена страница добавления новой популяции и просмотра существующей.

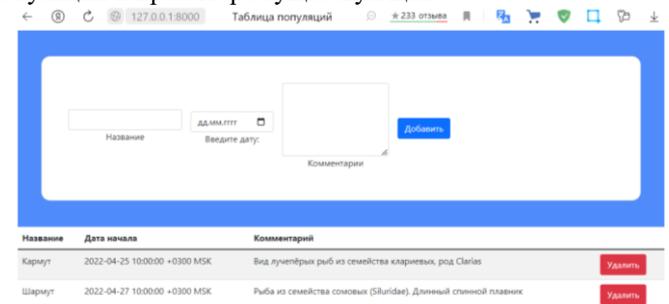


Рисунок 6 – Добавление новой популяции и просмотр существующих

На рисунке 7. изображена страница добавления нового задания сотруднику начальником смены и просмотр существующих.

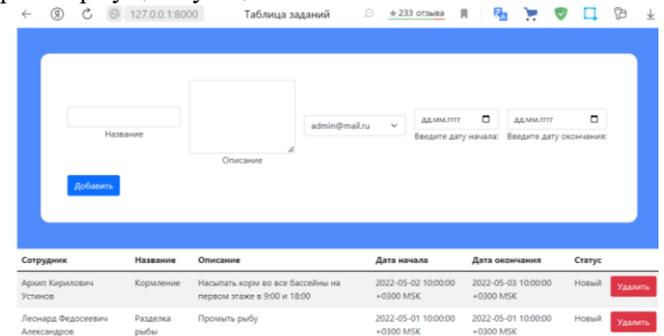


Рисунок 7 – страница добавления нового задания сотруднику начальником смены и просмотр существующих

На рисунке 8 изображена страница добавления информации о кормлении популяции и просмотра существующей.

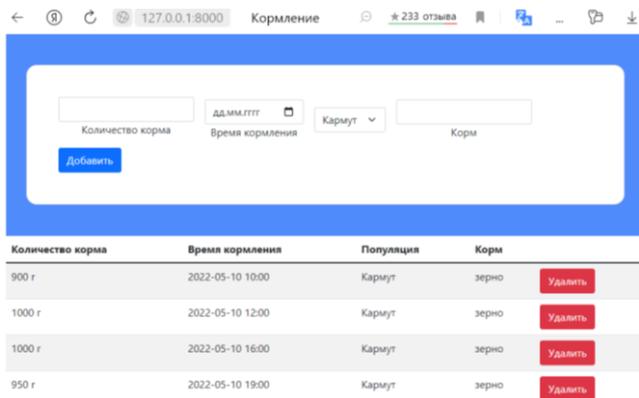


Рисунок 8 – страница добавления информации о кормлении популяции и просмотра существующей

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа является составной частью общего проекта модернизации ООО "ПАНИНСКОЕ ПЛЮС", общую канву решения можно проследить в статье, опубликованной в 2021 году [19]. Авторы предлагают создание цифрового двойника СППК «Панинский», включающего в себя биологическую, инженерную и организационную подсистемы.

Был разработан прототип цифровой платформы, который принимает запросы через web-клиент от пользователей и показания датчиков с эмулятора, которая выполняет следующие задачи:

- Мониторинг показаний датчиков;
- Предоставление информации пользователям и участникам процессов;
- Отправка уведомлений, в случае отклонения показаний датчиков от установленной нормы;
- Постановка заданий сотрудникам;
- Управление информацией о популяциях, кормлении, датчиках.

Полученные результаты работы могут быть применены для разработки системы автоматизации рыбной фермы, производящей любой вид аквакультуры.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Высшей инженеринговой школе НИЯУ МИФИ за помощь в возможности опубликовать результаты выполненной работы.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года.
- [2] Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020: краткий обзор / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2020 г. – 28 с.
- [3] О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации: информ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 164 с.
- [4] Chen, J., Guang, C., Xu, H., Chen, Z., Xu, P., Yan, X., Wang, Y. и Liu, J. Обзор садковой и загонной аквакультуры: Китай. В M. Halwart, D. Soto и J.R. Arthur (ред.). Садковая аквакультура – Региональные обзоры и всемирное обозрение. Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству. No. 498. Рим, ФАО. 2010 г. сс. 55-71.

- [5] IoT & AI Based System for Fish Farming: Case study of Benin [Электронный ресурс] // Researchgate. — URL: https://www.researchgate.net/publication/354475025_IoT_AI_Based_System_for_Fish_Farming_Case_study_of_Benin (дата обращения 25.04.2022).
- [6] IoT Based Automated Fish Farm Aquaculture Monitoring System [Электронный ресурс] // Researchgate. — URL: https://www.researchgate.net/publication/334091423_IoT_Based_Automated_Fish_Farm_Aquaculture_Monitoring_System (дата обращения 25.04.2022).
- [7] Cyber Aqua Culture Monitoring System Using Arduino And Raspberry Pi [Электронный ресурс] // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. — URL: http://ijareeie.com/upload/2015/may/97_CYBER.pdf (дата обращения 25.04.2022).
- [8] ITRoot Corp [Электронный ресурс] //SQL and NoSQL. What's better?. — URL: https://medium.com/@it_root.corp/sql-and-nosql-whats-better-fe90bb256621 (дата обращения: 01.04.2022).
- [9] Vuzlit.com [Электронный ресурс] //Технологии разработки и управления базами данных. — URL: https://vuzlit.com/979921/tehnologii_razrabotki_upravleniya_bazami_dannyh (дата обращения: 01.04.2022).
- [10] Go [Электронный ресурс] // Documentation. — URL: <https://go.dev/doc/> (дата обращения: 20.02.2022).
- [11] Oracle [Электронный ресурс] // Oracle. — URL: <https://www.oracle.com/index.html> (дата обращения: 05.04.2022).
- [12] SQL Server 2019 [Электронный ресурс] // Microsoft. — URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2019> (дата обращения: 05.04.2022).
- [13] SQLite [Электронный ресурс] // SQLite Home Page. — URL: <https://www.sqlite.org/index.html> (дата обращения: 05.04.2022).
- [14] MySQL [Электронный ресурс] // MySQL. — URL: <https://www.mysql.com/> (дата обращения: 05.04.2022).
- [15] PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database [Электронный ресурс] // PostgreSQL. — URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения: 05.04.2022).
- [16] PostgreSQL vs MySQL benchmark [Электронный ресурс] //Windows Skills. — URL: <http://wskills.blogspot.com/2007/01/postgresql-vs-mysql-benchmark.html> (дата обращения: 10.04.2022).
- [17] TPC-C [Электронный ресурс] // TPC-C Homepage. — URL: <https://www.tpc.org/tpcc/> (дата обращения: 10.04.2022).
- [18] TOPDB Top Database index [Электронный ресурс] // PYPL. — URL: <https://pypl.github.io/DB.html> (дата обращения: 20.04.2022).
- [19] M.G. Zhabitskii et al. 2021. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 723 032064.

Development of a prototype of a digital platform for the control and monitoring of technological processes of a biotechnical system

T.V. Khurtina, M.G. Zhabitsky, Yu.A. Andrienko

Abstract — Over the past decades, aquaculture production in fish has grown rapidly in terms of production and economic productivity, and today it is a key supplier of seafood. In this paper, the production of heterogeneous fish populations at the company "PANINSKOE PLUS" is considered. The object of deep digital transformation is an operating high-intensity aquabiotechnological enterprise for the cultivation of fish products (karmut breed) in commodity volumes using closed water circulation technology. The subject of the study is automation of production processes. With an increase in production volumes, there is a need for automation, which reduces the required amount of resources per unit of production.

The advantages of automation are technological, convenient control and management of work processes, which in turn helps to reduce the likelihood of human error and improve the quality of production. The scientific novelty consists in the development of the concept of automation of existing production with certain technological parameters for the cultivation of a specific type of fish and its implementation. The expected result of the work is a prototype of an information system that increases the efficiency of production of heterogeneous fish populations.

Keywords — aquaculture, Internet of Things technology, Go language, supporting systems, pools, database, digital platform, monolithic architecture, three-tier architecture.

REFERENCES

- [1] Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on September 25, 2015.
- [2] The state of world fisheries and aquaculture 2020: a brief overview / Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020 – 28 p.
- [3] On the development and support of aquaculture (fish farming) in the Russian Federation: inform. ed. – Moscow: FSBI "Rosinformagrotech", 2020. – 164 p.
- [4] Chen, J., Guang, C., Xu, H., Chen, Z., Xu, P., Yan, X., Wang, Y. and Liu, J. Overview of cage and corral aquaculture: China. In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds.). Cage aquaculture – Regional reviews and World Review. FAO Technical Report on Fisheries. No. 498. Rome, FAO. 2010 ss. 55-71.
- [5] IoT & AI Based System for Fish Farming: Case study of Benin [Electronic resource] // Researchgate. — URL: https://www.researchgate.net/publication/354475025_IoT_AI_Based_System_for_Fish_Farming_Case_study_of_Benin (accessed 25.04.2022).
- [6] IoT Based Automated Fish Farm Aquaculture Monitoring System [Electronic resource] // Researchgate. — URL: https://www.researchgate.net/publication/334091423_IoT_Based_Automated_Fish_Farm_Aquaculture_Monitoring_System (accessed 25.04.2022).
- [7] Cyber Aqua Culture Monitoring System Using Arduinio And Raspberry Pi [Electronic resource] // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. — URL: http://ijareeie.com/upload/2015/may/97_CYBER.pdf (accessed 25.04.2022).
- [8] ITRoot Corp [Electronic resource] //SQL and NoSQL. What's better?. — URL: https://medium.com/@it_root.corp/sql-and-nosql-whats-better-fe90bb256621 (accessed: 01.04.2022).
- [9] Vuzlit.com [Electronic resource] //Database development and management technologies. — URL: https://vuzlit.com/979921/tehnologii_razrabotki_upravleniya_bazami_dannyh (accessed: 01.04.2022).
- [10] Go [Electronic resource] // Documentation. — URL: <https://go.dev/doc/> (accessed: 02/20/2022).
- [11] Oracle [Electronic resource] // Oracle. — URL: <https://www.oracle.com/index.html> (accessed: 05.04.2022).
- [12] SQL Server 2019 [Electronic resource] // Microsoft. — URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2019> (accessed: 05.04.2022).
- [13] SQLite [Electronic resource] // SQLite Home Page. — URL: <https://www.sqlite.org/index.html> (accessed: 05.04.2022).
- [14] MySQL [Electronic resource] // MySQL. — URL: <https://www.mysql.com/> (accessed: 05.04.2022).
- [15] PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database [Electronic resource] // PostgreSQL. — URL: <https://www.postgresql.org/> (accessed: 05.04.2022).
- [16] PostgreSQL vs MySQL benchmark [Electronic resource] //Windows Skills. — URL: <http://wskills.blogspot.com/2007/01/postgresql-vs-mysql-benchmark.html> (accessed: 04/10/2022).
- [17] TPC-C [Electronic resource] // TPC-C Homepage. — URL: <https://www.tpc.org/tpcc/> (accessed: 04/10/2022).
- [18] TOPDB Top Database index [Electronic resource] // PYPL. — URL: <https://pypl.github.io/DB.html> (accessed: 04/20/2022).
- [19] M.G. Zhabitskii et al. 2021. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 723 032064.