

УДК 654:679.76(078)

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-1/21>**Пількевич Ю.Г.**

Київський національний університет будівництва і архітектури

Розорінов Г.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АВТОМАТИЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЕКОСИСТЕМИ ПРІСНОЇ ВОДОЙМИ

У статті досліджуються методи автоматизації екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують спрощення умов виробництва товарної риби, додержання нормативів шкідливих впливів на екосистему прісних водойм та їх охорону. Неприятливий екологічний стан багатьох прісноводних екосистем наносить суттєву шкоду рибним ресурсам водойм і ставить під загрозу можливість розвивати рибну галузь.

Контроль за середовищем існування – найважливіша умова успішного вирощування і утримання риб. Гідрохімічний і бактеріологічний аналізи повинні здійснюватися не рідше 1 разу на місяць, а в критичних ситуаціях – щодня. Водна маса у водоймі не однорідна по глибинах і по площах, застійні зони можуть дуже відрізнятись від областей з високою проточністю.

Класичні методи і засоби моніторингу параметрів біоти прісних водойм мають низку суттєвих недоліків. Показано, що недоліки відомих методів можуть бути усунені при автоматизованому способі отримання і обробці інформативних параметрів за рахунок використання сучасних інформаційних технологій. Запропонована структурна схема процесу отримання відібраних для аналізу параметрів біоти і переважний алгоритм їх обробки. У процесі вимірювань виділяють завдання обробки даних, власне завдання отримання інформації і завдання управління процесом вимірювання та видачі рекомендацій на управління екосистемою водойми.

Розроблена і виготовлена восьмиканальна підсистема вимірювання температури. У процесі експериментальних досліджень встановлена лінійна залежність температурних змін у водних шарах. Запропоновано вимірювати температуру у трьох місцях: верхньому, середньому і нижньому. Розроблений оригінальний датчик температури. Чутливим елементом датчика слугує індуктивна котушка із термозалежним осердям. Лінія зв'язку з вимірювальними пристроями, розташованими на понтонах, – кабельна, а від пристроїв, розташованих у водоймі, – безпроводна. Усього екосистема може містити до п'яти і більше водосховищ. Контролер аналізує інформацію, отриману від усіх модулів, і видає керуючі сигнали залежно від налаштувань. Паралельно з цим контролер формує інформаційний пакет, в якому зібрані дані моніторингу, і видає їх на комп'ютер.

Ключові слова: автоматизована система, датчик температури, екологічний моніторинг, контролер, кисневий режим, прісна водойма.

Постановка проблеми. Вода як найпоширеніший мінерал на планеті відіграє дуже важливу роль у забезпеченні життєдіяльності всього живого. Серед її складників особливий інтерес викликають прісні води внутрішніх водойм – річок, озер і водосховищ. Неприятливий екологічний стан багатьох прісноводних екосистем наносить суттєву шкоду рибним ресурсам водойм і ставить під загрозу можливість не тільки розвивати рибну галузь, розводивши рибу штучно, але і просто її виловлювати [1]. Незаперечний факт, що в багатьох рибних водоймах кількість водних гідробіонтів скоротилася, а деякі види взагалі зникли. Усе це змушує вживати заходи щодо поліпшення екологічного стану прісних водойм.

Нині глобальною проблемою є забруднення. Цей процес означає внесення у сферу нових чужорідних речовин або агентів або попадання вже відомих продуктів, але в надмірних кількостях, від яких вона не здатна позбавитися у процесі природних механізмів самоочищення. Крім природного забруднення, головний неспокій викликає антропогенне, викликане людською діяльністю [2].

Оцінка рівня забруднення вимагає складних лабораторних досліджень. Нині відомо понад 400 речовин і з'єднань, здатних викликати погіршення стану природних вод. Практично всі водойми України наближаються до 4-го та 5-го класів якості,

тобто характеризуються як забруднені й брудні. Завдяки такому забрудненню, яке постійно розвивається, агресивному і багатогранному, проблема якості водних ресурсів стала гострою, особливо в більш урбанізованих зонах країни.

Розрізняють три стадії забруднення природних вод [3]:

Початкова стадія. Концентрація поллютантів (забруднювачів) у воді вища за фонову, але менша за гранично допустимі концентрації (далі – ГДК). Властивості води в межах норми. Зміни, які спостерігаються, не є перепорою для використання води для господарсько-питних потреб, але вказують на наявність джерела забруднення.

Небезпечна стадія. Концентрація поллютантів досягає ГДК або трохи перевищує її. Площа забрудненої ділянки (для підземних вод) становить 0,02-0,5 км².

Дуже небезпечна стадія. Вміст поллютантів значно (на порядок) перевищує ГДК. Площа забрудненої ділянки (для підземних вод) становить 0,5-1,0 км² і більше.

Ступінь змін і масштаби наслідків залежать від інтенсивності й виду забруднення, а також від здатності екосистеми до самоочищення, від стійкості проти зовнішніх впливів.

Актуальність роботи зумовлена недоліками класичних лабораторних методів моніторингу, а також відсутністю автоматизованих екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують оптимізацію умов виробництва товарної риби, додержання нормативів шкідливих впливів на екосистему прісних водойм та їх охорону:

- несистематичністю і низькою точністю моніторингу інформаційно важливих параметрів екосистеми;
- великим обсягом ручних операцій;
- необхідністю знання математичних основ методів моніторингу;
- поганим інтерпретуванням результатів;
- необхідністю використання додаткового обслуговуючого персоналу.

Важливим питанням екологічного моніторингу стану біоти прісних водойм залишається аналіз захищеності водного дзеркала і недосконалість методів бездротової передачі та захисту даних моніторингу.

Постановка завдання. Метою статті є розробка автоматизованих екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують оптимізацію умов виробництва товарної риби, додержання нормативів шкідливих впливів на екосистему прісних водойм та їх охорону.

Виклад основного матеріалу дослідження. Можливості регулювання умов вирощування риби у ставках обмежені. На результати вирощування впливають погодні умови (перегрів або зниження температури), різкі коливання концентрації кисню, вітру та температури. Тепловодні і холодноводні ставкові господарства можуть бути як повносистемними, так і неповносистемними:

1. Повносистемні господарства вирощують рибу зі стадії ікринки до отримання товарної риби.

2. Неповносистемні господарства утримують виробників, інкубують отриману від них ікру, підрощують личинок до стадії цьоголітків і продають цьоголіток для подальшого вирощування.

Серед риб за місцем проживання і за ставленням до навколишніх умов виділяють такі екологічні групи: прісноводні прохідні, солонуватоводні та морські. Прісноводні риби (майже 8,3 тисяч видів) усе життя проводять у прісній воді. У внутрішніх водоймах України формування поголів'я вирощуваної риби здебільшого складається з білого і строкатого товстолобика, коропа, білого амура, судака, сома, карася (табл. 1, 2).

Кисень у водоймах утворюється за рахунок фотосинтезу мікродоростей у денний час, а вночі всі живі організми його інтенсивно поглинають. У ставковому господарстві і в басейнах, де містяться риби, часто застосовують штучну аерацію води. Вміст розчиненого у воді кисню залежить від її температури. Так, за температури 1°C рівноважні концентрації кисню у воді складають 14,3 мг/л, при 5°C – 12,8; при 10°C – 11,3; при 15°C – 10,0; при 20°C – 9,0; при 25°C – 8,2, при 30°C – 7,4 мг/л. При температурі води, близькій до замерзання, рівень насиченості кисню удвічі вищий, ніж при 30°C [4]. В умовах дефіциту кисню знижується виживання і темпи зростання молоді риб.

Контроль за середовищем існування – найважливіша умова успішного вирощування і утримання риб. Гідрохімічний і бактеріологічний аналізи повинні здійснюватися не рідше 1 разу на місяць, а в критичних ситуаціях – щодня. Водна маса у водоймі не однорідна по глибинах і по площах, застійні зони можуть дуже відрізнятися від областей із високою проточністю.

Як показує статистика, близько 90% усіх випадків загибелі риби в рибгоспах викликано порушеннями кисневого режиму, 5% – є наслідком токсикозів, 5% – викликано захворюваннями. Концентрація кисню у природних водоймах здебільшого коливається протягом доби. Найнижчий вміст – рано вранці, коли рослини у водоймі ще не почали виробляти кисень, а запаси його за ніч скоротилися.

Найбільш чутливі до кисню холодноводні риби: лососеві, сигові, осетрові, а також окунь, судак та інші види хижих риб. Найменш вимогливі – карась, лин, короп. Зона фізіологічного комфорту для більшості видів риб – від 70% до 100% від рівня максимального насичення. Якщо вміст кисню нижче, риба гірше зростає, менш продуктивно використовує корми, знижується її фізіологічна активність.

Усі риби чутливі до змін температури. Температура води сприймається рибами за допомогою терморецепторів (вільних нервових закінчень), розташованих у поверхневих шарах шкіри. Невеликі відхилення у температурі води можуть змінити шляхи міграцій і терміни нересту риб. Кісткові риби здатні розрізняти перепади температур у 0,4°C. Риби є пойкилотермними тваринами, і температура їх тіла близька до температури навколишнього середовища. Здебільшого вона на 0,5-1°C перевищує температуру води. Кожному виду властиві граничні і оптимальні температури води. Наприклад, для карася нижня гранична темпера-

тура становить 0°C, верхня – 30°C, оптимальна – 25°C. Температура впливає на час і тривалість дозрівання статевих продуктів, терміни нересту, тривалість інкубаційного періоду ікри.






Риби сприймають у воді звуки в діапазоні від 5 Гц до 15 кГц, звуки більш високих частот (ультразвуки) риби не сприймають. Риби видають звуки різної тональності. Залежно від того, для чого звуки їм служать, характер звучання змінюється: одні звуки риби видають при харчуванні, інші – при русі, є звуки переляку.

Класичні методи і засоби моніторингу параметрів біоти прісних водойм (рис. 1) мають низку суттєвих недоліків і характеризуються:

- несистемністю і низькою точністю моніторингу інформаційно важливих параметрів екосистеми;
- великим обсягом ручних операцій;
- необхідністю знання математичних основ методів моніторингу;
- поганим інтерпретуванням результатів;





Таблиця 1

Характеристика видів риб

Види риб		Природна кормова база	Рибопродуктивність, кг/га
	Білий товстолобик	Фітопланктон (рослинний)	300
	Строкатий товстолобик	Зоопланктон (тваринний)	100
	Короп	Бентос (донні організми)	200
	Білий амур	Водна рослинність	100
	Судак	Дрібна риба	100

Таблиця 2

Характеристика коропів

Короп – основний об'єкт ставкового рибництва		
	Лускатий	Теплолюбна риба, добре росте за температури 22-29°C. Харчується донними організмами і штучними кормами. Розмножується за температури 16-20°C. Дозріває у віці 4-5 років. Плодючість 450-900 тисяч ікринок. Максимальна довжина тіла – 100 см, маса – 20 кг (до 45 кг). Короп мінливий за формою тіла, забарвленням, характером лускатого покриву. Порівняно зі звичайним типом (лускатий) коропи можуть бути розкиданими, лінійними і голими
	Розкиданий	
	Лінійний	
	Голий	

– необхідністю залучення додаткового обслуговуючого персоналу.

Недоліки відомих методів можуть бути усунені при автоматизованому способі отримання і обробки інформативних параметрів за рахунок використання сучасних інформаційних технологій [5; 6]. На рис. 2 показана запропонована структурна схема процесу отримання відібраних для аналізу параметрів біоти і переважний алгоритм їх обробки.

У процесі вимірювань виділяють завдання обробки даних, власне завдання отримання інформації і завдання управління процесом вимірювання та видачі рекомендацій на управління екосистемою водойми. Для дослідження характеру розподілу температури у водних шарах і встановлення мінімально необхідної кількості датчиків була розроблена і виготовлена восьмиканальна підсистема вимірювання

температури. Основними вузлами підсистеми є восьмирозрядні АЦП типу AD-7715-5 і мікроконтролер серії AVR.

Задача акустичного моніторингу стану екосистеми і охорони водойми виконана за схемою перетворення звукового сигналу за допомогою акустичного датчика і стандартної звукової карти. У процесі експериментальних досліджень була встановлена лінійна залежність температурних змін у водних шарах. Тому варто вимірювати температуру у трьох місцях: верхньому, середньому і нижньому. Верхнє і нижнє місця вибиралися на відстані 50 см від верхнього і нижнього рівнів води.

Була виявлена непридатність напівпровідникових датчиків температури в умовах прісних водойм внаслідок їх швидкого заростання. Крім того, в них з'являлася випадкова погрішність, яку не можливо ідентифікувати через інтегральне

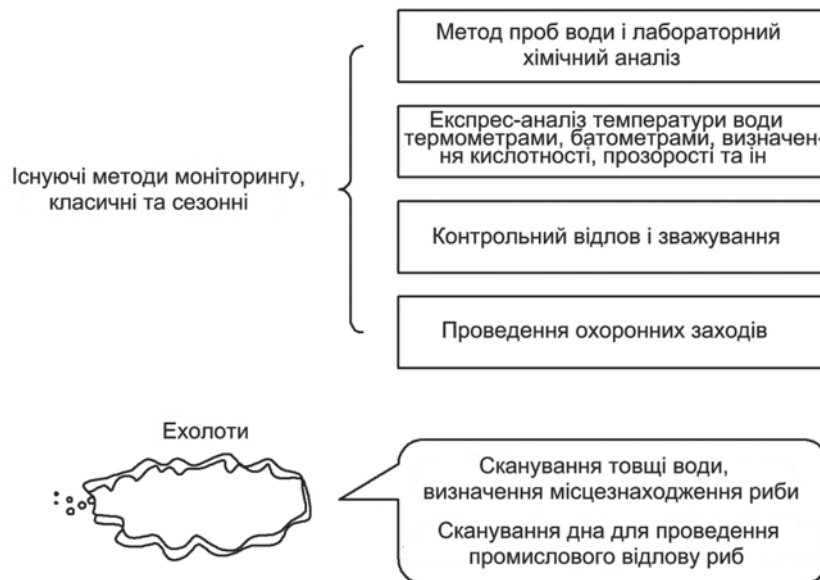


Рис. 1. Методи моніторингу параметрів біоти прісних водойм



Рис. 2. Процес моніторингу стану біоти водойми

виконання датчиків. У зв'язку з цим у розробленій схемі використаний оригінальний датчик температури. Чутливим елементом датчика слугує термочутливе осердя індуктивної котушки. При зміні температури змінюється магнітна проникність осердя, а тому й індуктивність котушки.

Для побудови підсистеми оцінки кисневого режиму водойми досить контролювати кисень у трьох місцях. Індикатором розчиненого кисню вибраний датчик типу 3830 (рис. 3).



Рис. 3. Зовнішній вигляд датчика розчиненого кисню

Принцип дії датчика – оптичний. Він вимірює з високою точністю і має максимальну глибину занурення 6000 м. Він забезпечений стандартним цифровим інтерфейсом RS-232C. Переваги цього датчика перед електрохімічними:

- стійкість до зовнішнього забруднення і обростання;
- мінімальний вплив зовнішнього тиску;
- несприйнятність до каламутності (датчик не поглинає кисень).

На рис. 4 показано схему установки вимірювальних засобів і систему зв'язку з управляючим комплексом на водоймі.

Лінія зв'язку з вимірювальними пристроями, розташованими на понтонах, – кабельна, а від пристроїв, розташованих у водоймі, – безпроводна. Усього рибопитомник може містити до п'яти і більше водосховищ. Збір даних здійснюється у певній послідовності. Спочатку сигнал із датчика поступає на вхід модуля введення-виводу, який у певні моменти виконує первинну його обробку [5; 7]. Після цього модуль введення-виводу за запитом від провідного контроллера формує інформаційну послідовність про параметри сигналу. Контроллер аналізує інформацію, отриману від усіх модулів, і видає керуючі сигнали залежно від налаштувань. Паралельно з цим контроллер формує інформаційний пакет, у якому зібрані дані, що цікавлять рибовода, і видає їх на комп'ютер.

Висновки. Розроблена автоматизована екологічно безпечна система моніторингу стану біоти прісної водойми, яка забезпечує спрощення умов виробництва товарної риби та її охорону. Описано вибір датчиків температури, кисню, акустичних сигналів для прісних водойм, що забезпечують мінімізацію контролюючих параметрів при максимумі інформативності. Розроблено схеми установки вимірювальних засобів і приладів зв'язку з управляючим комплексом на водоймі.

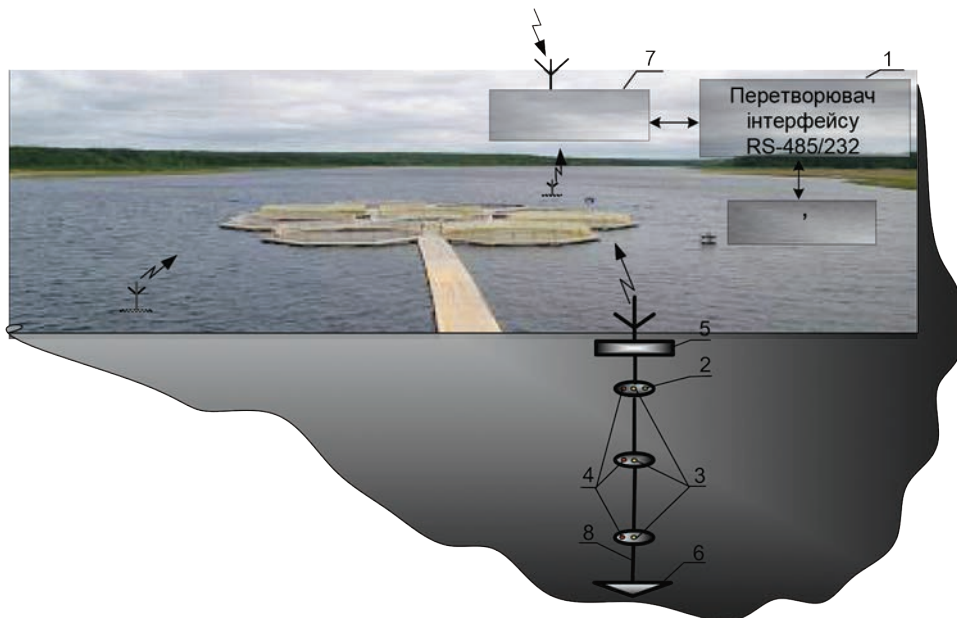


Рис. 4. Схема установки вимірювальних засобів і системи зв'язку

Умовні позначення: 1 – перетворювач інтерфейсу; 2 – акустичний датчик; 3 – датчики концентрації кисню; 4 – датчики температури (верхній, середній, нижній); 5 – радіобуй; 6 – якір, 7 – радіомодем; 8 – кабель передачі та кріпильний трос

Список літератури:

1. Воронцов А.И., Николаевская Н.Г. Вопросы экологии и охраны водной среды. М. : Инфра-М, 2011. 98 с.
2. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М. : Прогресс-Традиция, 2010. 233 с.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана гидросферы при химическом загрязнении : учеб. пособие. М. : Высшая школа, 2012. 167 с.
4. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность : учеб. пособие. М. : АCADEMA, 2012. 233 с.
5. Ларин В.Ю., Ларина Е.Ю., Савицкая Я.А., Розоринов Г.Н., Федоров Е.Е., Чичикало Н.И. Концепции профессионального проектирования приборов и систем : учебник в 2-х книгах. К. : Кафедра, 2016. Кн. 1. 468 с.
6. Олексенко П.Ф. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах / за ред. П.Ф. Олексенко. К. : Наукова Думка, 2014. 152 с.
7. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. СПб : Питер, 2007. 992 с.

Pilkevych Yu.H., Rozorinov H.M. AUTOMATION OF MONITORING OF FRESH RESERVOIR ECOSYSTEM

The methods of automation of safe ecologically technological processes and equipments, that provides simplification of production terms of commodity fish, inhibition of norms of harmful influences on the ecosystem of fresh reservoirs and their guard, are investigated in the article. The unfavorable ecological state of many freshwater ecosystems inflicts substantial harm to the fish resources of reservoirs and puts possibility to develop fish industry under a threat. Control after the environment of existence is a major condition of the successful growing and maintenance of fishes.

An aqueous and bacteriological analysis must come true not rarer 1 time on a month, but in critical situations – every day. Water mass in a reservoir is not homogeneous on depths and on areas, stagnant areas can strongly differ from areas with a high flowage. Classic methods and facilities of monitoring of biota parameters of fresh reservoirs have a row of substantial defects. It is shown that the lacks of well-known methods can be removed at the automated method of receipt and treatment of informing parameters due to the use of modern information technologies.

The flow diagram of receipt process of the biota parameters selected for an analysis and repressing algorithm of their treatment is offered. In the process of measuring distinguish the task of data processing, own task of receipt to information and task of measuring process control and delivery of recommendations on the management of reservoir an ecosystem. Worked out and made eightchannel subsystem of temperature measuring. In the process of experimental researches linear dependence of temperature changes is set in water layers. It offers to take temperature in three places: overhead, middle and lower. Worked out original sensor of temperature.

The pickoff of sensor an inductive spool serves as with thermic dependent core. Flow line with the measuring devices located on pontoons is cable, and from the devices located in a reservoir – off-wire. All an ecosystem can contain to five and more storage pools. A controller analyses the information got from all modules and gives out managing signals, depending on tuning. In parallel with it a controller forms an informative package in that monitoring data are collected and gives out them on a computer.

Key words: automation system, sensor of temperature, ecological monitoring, controller, oxygen mode, fresh reservoir.