

## PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY / ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 2(64): 83-108  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083>  
UDC 639.3

Received: 15.03.23  
Received in revised form: 24.04.23  
Accepted: 10.05.23

### ASPECTS OF NEURO-HUMORAL REGULATION OF FUNCTIONAL ACTIVITY IN THE ORGANISM OF FISH UNDER THE INFLUENCE OF ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS (A REVIEW)

**O. Honcharova**, anelsatori@gmail.com,  
Kherson State Agrarian-Economic  
University, Kherson

**Purpose.** To make a comprehensive analysis and review the main aspects of the formation of the resistance of hydrobiont bodies under the influence of various factors. To show the mechanism of action of the main physiological and biochemical processes in the context of understanding the general functionality of hydrobiont bodies. To summarize the basic concepts and opinion regarding the activity of metabolic processes, regulation of enzymatic activity in hydrobiont bodies against the background of the conditions of influence of abiotic and biotic factors.

**Findings.** An overview of modern scientific publications is presented, showing the idea of the hydrobiont body as a single functional system. Supplemented by the author's own judgments regarding the role of physiological and biochemical processes in the formation of adaptive and compensatory mechanisms of fish, the main mechanisms of adjustment of vital processes in view of the influence of stress factors. In general, open literature data on the studies on the adaptive capacity of hydrobiont bodies against the background of the introduction of adaptogens, developmental stimulants, and immunomodulators. The general aspects of ways to solve the problem in the context of increasing the resistance of hydrobiont bodies under various exposure conditions, including growing conditions, are considered. Experimental studies were analyzed, in particular, the effectiveness of the influence of the feed factor, technological elements of cultivation

### АСПЕКТИ НЕЙРОГУМОРАЛЬНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ОРГАНІЗМУ РИБ ЗА УМОВ ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ТА БІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ (ОГЛЯД)

**О. В. Гончарова**, anelsatori@gmail.com,  
Херсонський державний аграрно-еко-  
номічний університет, м. Херсон

**Мета.** Здійснити комплексний аналіз та розглянути провідні аспекти формування резистентності організму гідробіонтів за умов впливу різних чинників. Розкрити питання механізму дії основних фізіолого-біохімічних процесів в контексті розуміння загалом функціональності організму гідробіонтів. Узагальнити базові поняття та представлені судження щодо активності метаболічних процесів, регулювання ферментативної активності в організмі гідробіонтів на фоні умов впливу абіотичних та біотичних чинників.

**Результати.** Представлено огляд сучасних наукових публікацій, які розкривають уявлення про організм гідробіонтів як єдину функціональну систему. Доповнено власними судженнями автора значення фізіолого-біохімічних процесів у формуванні адаптаційно-компенсаторних механізмів риб, основних механізмів корегування життєвоважливих процесів з огляду на вплив стрес-чинників. Узагальнено доступні літературні дані щодо напрямів дослідження адаптаційної здатності організму гідробіонтів на фоні впровадження адаптогенів, стимуляторів розвитку, імуномодуляторів. Розглянуто загальні аспекти шляхів вирішення питання в контексті підвищення резистентності організму гідробіонтів за різних умов впливу, в тому числі, і умов вирощування. Проаналізовано експериментальні дослідження, зокрема,



on the general functional status of hydrobiont bodies. The main physiological and biochemical mechanisms of influence on metabolic processes, enzymatic activity and adaptive capabilities of fish under the influence of biologically active substances and the conditions of the aquatic environment were studied. Aspects of neurohumoral regulation in fish body are highlighted, which reflect the general mechanism of action and mechanisms for adjusting the vital functions of the functional system of hydrobionts.

**Practical value.** The review carried out on the presented topic can be useful for scientists, students of higher education, practitioners, private entrepreneurs who are related to the fishery industry, research works in aquaculture.

**Key words:** hydrobionts, organism, physiological and biochemical processes, regulation mechanism, abiotic, biotic factors.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

Individual technological links of production of aquaculture products are being transformed and improved, innovative solutions of such technologies are being implemented. However, the problem of the resistance of the body of hydrobionts under the influence of a certain factor or in the conditions of existence remains timeless. In the context of the importance of the formation of the mechanism of complex biochemical and physiological reactions in response to the action of such abiotic and biotic factors, the question acquires practical relevance [1, 2, 3, 4]. First of all, it will be appropriate to note the leading role of physiological and biochemical processes of different levels, structural organization, plasticity and reactive response to stimuli. Undoubtedly, the improvement of the technological elements of growing and breeding the objects of aquaculture, the introduction of modern solutions, IT tech-

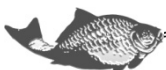
ефективність впливу кормового чинника, технологічних елементів вирощування на загальний функціональний статус організму гідробіонтів. Досліджено основні фізіолого-біохімічні механізми регулювання метаболічних процесів, ферментативної активності та адаптаційних можливостей риб за умов впливу біологічно активних речовин, параметрів водного середовища. Висвітлено аспекти нейрогуморальної регуляції в організмі риб, які відображають загальний механізм дії та механізми корегування життєво-важливих функцій гідробіонтів.

**Практична значимість.** Огляд за представленою тематикою може бути корисним для науковців, здобувачів вищої освіти, практиків, приватних підприємців, інтереси які є дотичними до рибогосподарської галузі, науково-дослідних робіт в аквакультури.

**Ключові слова:** гідробіонти, організм, фізіолого-біохімічні процеси, механізм регуляції, абіотичні, біотичні чинники.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Трансформуються та удосконалюються окремі технологічні ланки виробництва продукції аквакультури, впроваджуються інноваційні рішення таких технологій. Втім, поза часом лишається питання резистентності організму гідробіонтів в умовах впливу певного чинника або в умовах існування. В контексті важливості формування механізму комплексних біохімічних, фізіологічних реакцій у відповідь на дію таких абіотичних та біотичних чинників питання набуває практичної актуальності [1–4]. Насамперед, доцільним буде відмітити провідну роль в організмі гідробіонтів фізіолого-біохімічних процесів різного рівня, структурної організації, пластичності та реактивної відповіді на дію подразників. Безумовно, удосконалення технологічних елементів вирощування та розведення об'єктів аквакультури, впровадження сучасних рішень, ІТ-технологій у виробництво



nologies in production - all this is inevitable and natural. In this context, the hydrobiont body itself is a functionally active system. Moreover, the level of response to a certain factor (stimulus) depends on their adaptation capabilities. Scientific works focused on this topic reflect the important role of regulators of adaptive and metabolic processes in the body not only of introduced fish (during acclimatization), but also of any object of the aquatic ecosystem in artificial and natural conditions of cultivation (during adaptation) [2,5]. Studies of neurohumoral regulation with an emphasis on the hormonal background, enzymatic activity and parameters of development and productivity of hydrobionts come to the fore.

The question of the deep influence of abiotic and biotic parameters on the functional state of hydrobionts is gaining importance. Numerous studies reflect the results of the authors, who emphasize both the dominant role of climate parameter transformations and the rational use of biological resources, the potential of water areas, and the species composition of ichthyocenoses. Along with such judgments, the role of the feed factor, biologically active substances, nutritional supplements in the growth, breeding and cultivation of hydrobionts in the conditions of recirculation systems (RAS), tank and pond farms was also reported [6-13].

The experimental studies demonstrate a leading role in improving the parameters of development rate, fattening ratio, feed conversion, average daily growth of hydrobionts precisely by indicators of physiological and biochemical processes. With such transformations, there is a restructuring at the cellular level of metabolic parameters, enzymatic reactions, and morphometric indices of blood. As a result of the different level of plasticity of home-

— все це є неминучим, закономірним. У даному контексті власне організм гідробіонтів є функціонально-активною системою. При чому, рівень відповіді на певний чинник (подразник) залежить від їх адаптаційних можливостей. Науково-дослідні роботи, зорієнтовані на дану тематику, відображають важливу роль регуляторів адаптаційних, метаболічних процесів в організмі не лише інтродуцентів (при акліматизації), а й будь-якого об'єкта водної екосистеми в штучних та природних умовах культивування (при адаптації) [2, 5]. На перший план виходять дослідження нейрогуморальної регуляції з акцентом на гормональному фоні, ферментативній активності та параметрах розвитку, продуктивності гідробіонтів.

Актуальності набуває питання глибинного впливу абіотичних та біотичних параметрів на функціональний стан гідробіонтів. Численні дослідження відображають результати авторів, які здійснюють акцент як на домінуючій ролі трансформацій кліматичних параметрів, так і на раціональному використанні біоресурсів, потенціалі акваторій, видовому складі іхтіоценозів. Поряд з такими судженнями, відмічено і роль кормового чинника, біологічно активних речовин, БАДів при підрощенні, розведенні та вирощуванні гідробіонтів в умовах рециркуляційних систем (РАС), басейнових та ставових господарств [6–13].

Експериментальні дослідження авторів демонструють провідну роль при поліпшенні параметрів швидкості розвитку, коефіцієнта вгодованості, конверсії корму, середньодобових приростів гідробіонтів саме показників фізіолого-біохімічних процесів. За таких трансформацій відбувається перебудова на клітинному рівні метаболічних показників, ферментативних реакцій, морфометричних індексів крові. В резуль-



ostasis parameters in the hydrobiont body to the action of the feed factor, climatic changes, there is improvement or deterioration, in general, of synthetic processes in the body. At the same time, emphasis is placed on the correlation of physiological and biochemical parameters and on the qualitative composition of aquatic environment (hydrochemical, hydrobiological parameters, etc.) [2, 4, 6].

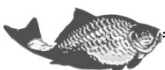
It should be noted that in aquaculture, during scientific and research works, the question of the state of the physiological and biochemical parameters of the body of the studied cultured objects is always relevant. The scientific works reflect the results of experimental studies on the synergism of the concentration of biologically active substances and morphometric parameters of biological fluids, tissue, biochemical parameters of hydrobionts with the influence of factors of abiotic and biotic composition, etc. Moreover, as factors there can be comprehensive elements of influence: in addition to those listed above, it is advisable to add stress, ecological and biological incompatibility with the conditions of aquatic ecosystem, genetic incompatibility, ichthyopathological signs, etc.

Summing up, it should be noted that any setting of the experiment, observations for the purpose of scientific research justifications must be timely and necessarily comprehensive. Scientific and experimental studies of domestic and foreign authors demonstrate the importance of the adequacy of the development of adaptive reactions at the biochemical and physiological level, the development of stress reactions in the process of adaptation of hydrobionts to changes, the influence of abiotic and biotic factors [14, 15, 16]. In the context of the discrepancy between the plasticity of the whole complex systems of the body and the «strength» of the stimulus, it is important to study the endocrine regulation of metabolism in depth. The authors at-

таті різного рівня пластичності параметрів гомеостазу в організмі гідробіонтів до дії кормового чинника, кліматичних змін, відбувається поліпшення або погіршення загалом синтетичних процесів в організмі. При цьому акцент робиться на кореляції фізіолого-біохімічних параметрів та на якісному складі водного середовища (гідрохімічні, гідробіологічні показники тощо) [2, 4, 6].

Зауважимо, що в аквакультурі при науково-дослідних роботах завжди має актуальність питання стану фізіолого-біохімічних параметрів організму об'єктів, які вивчаються. Наукові добробки авторів відображають результати експериментальних досліджень щодо дії синергізму концентрації біологічно активних речовин та морфо-метричних показників біологічної рідини, тканини, біохімічних параметрів гідробіонтів з силою впливу чинників абіотичного та біотичного складу тощо. Причому, у ролі чинників можуть бути різноманітні елементи впливу: крім перелічених вище, доцільно додати стрес, еколого-біологічну невідповідність умовам водної екосистеми, генетичну невідповідність, іхтіопатологічні ознаки тощо.

Підсумовуючи, слід відмітити, що будь-яка постановка експерименту, спостереження з метою науково-дослідних обґрунтувань мають бути своєчасними та обов'язково всебічними. Науково-експериментальні дослідження вітчизняних та іноземних авторів демонструють положення щодо важливості адекватності розвитку адаптивних реакцій на біохімічному, фізіологічному рівні, розвитку стрес-реакцій в процесі адаптації гідробіонтів до змін, впливу абіотичних та біотичних чинників [14–16]. В контексті невідповідності пластичності цілих комплексних систем організму «силі» подразника важливо глибинно вивчити ендокринну регуляцію обміну. Автори пов'язують це



tribute this to the active synthesis of stress hormones, such as cortisol. Taking into account that during adaptive reactions, any organism of hydrobionts reacts inextricably, has a correlative relationship with the regulators of physiological and biochemical processes, it is important to study their reproductive capacity, productivity, speed of development, etc.

It is known that under the conditions of exposure to negative factors on the fish body (when their body is not able to adequately respond to a certain strength of the «stimulus»), the hormonal background changes primarily through the concentration of hormones secreted by the pituitary gland, adrenal glands, thyroid gland, etc.) [17, 18]. Therefore, in scientific research, as a rule, the emphasis is on studying the state of lipid, carbohydrate, and protein exchanges. Each of them has a specific relationship with a separate organ, target cell, system. Therefore, when an «element» new to the organism is incorporated into a certain process, it can contribute to both the improvement and deterioration of certain vital processes, act as an inhibitor or catalyst of metabolic processes at various stages of the ontogenesis of hydrobionts. Practical results reflect exactly this principle of action, correction of biologically active physical, probiotic and other drugs under the conditions of introduction to the general farm ration of hydrobionts. Under the conditions of the study of the level of influence of man-made pressure, climatic transformations in modern realities in the water area, complex analyzes with appropriate forecasting of the likely consequences on the ecosystem as a whole, ichthyofauna, hydrobiological condition, etc., come to the fore. Research from such a perspective is usually systematic in nature, is carried out taking into account considerable nuances and is based on the need to develop recommendations for improving the situation in the future.

з активним синтезом гормонів стресу, наприклад, кортизолу. Враховуючи, що при адапційних реакціях будь-який організм гідробіонтів реагує нерозривно, має корелятивний зв'язок з регуляторами фізіолого-біохімічних процесів, важливим є вивчення їх відтворювальної здатності, продуктивності, швидкості розвитку тощо.

Відомо, що за умов впливу на риб негативних чинників (коли їх організм не здатний адекватно відповісти на певну силу «подразника»), гормональний фон, в першу чергу, змінюється шляхом концентрацій гормонів, які секретуються гіпофізом, наднирниками, щитоподібною залозою тощо) [17, 18]. Тому в науково-практичних дослідженнях, як правило, акцент робиться на вивченні стану ліпідного, вуглеводного, білкового обмінів. Кожний з них має специфічність взаємозв'язку з окремим органом, клітиною-мішенню, системою. Тому, коли новий для організму «елемент» вбудовується в певний процес, він може сприяти як поліпшенню, так і погіршенню окремих життєвоважливих процесів, виконувати роль інгібітора або каталізатора метаболічних процесів на різних стадіях онтогенезу гідробіонтів. Практичні результати відображають саме такий принцип дії, корекції біологічно активних речовин, пробіотичних та інших препаратів за умов впровадження до загальногосподарського раціону гідробіонтів. За умов дослідження рівня впливу техногенного навантаження, кліматичних трансформацій в сучасних реаліях на акваторії, першочерговості набувають комплексні аналізи з відповідним прогнозуванням ймовірних наслідків для екосистеми в цілому, іхтіофауни, гідробіологічного стану тощо. Такого ракурсу дослідження, зазвичай, мають систематичний характер, здійснюються з урахуванням чималих нюансів та ґрунтуються на не-





For any final goal (presentation of the justification of the obtained results, development of methodological recommendations for improving the state of the aquatic environment, expanding or stabilizing the ichthyocenosis, increasing the efficiency production of aquaculture products, increase in productivity or reproductive capacity, adaptation capabilities, resistance of the organism of hydrobionts), it is necessary to carry out complex studies of the state of functional activity of the organism of the object being studied, analysis of the quality of the environment where it is located, the favorable conditions for reproduction, accumulation body weight, etc. The key role in the outlined processes is played by the physiological state of the organism with the corresponding mechanism of regulation of the life processes of hydrobionts, from which the formation of the following, no less important parameters is pushed forward.

### **HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY**

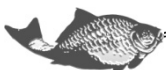
Reviewing this topic, comprehensively assessing the state of previously unresolved aspects, it is advisable to focus on the leading role of rapidly developing technologies, transformations of climatic parameters, ecological and biological changes of objects. Against the background of modifications of abiotic factors, the improvement of certain links of the physiological and biochemical state of the body of hydrobionts occurs. The moment of "physiological compliance", adaptation of hydrobionts to those abiotic and biotic factors that create a certain habitat is important. At the same time, the problem of monitoring both natural and artificial water areas, transformed ones, including the

обхідності розробки рекомендацій поліпшення ситуації у майбутньому.

За будь-якої кінцевої мети (представлення обґрунтування отриманих результатів, розробка методичних рекомендацій щодо поліпшення стану водного середовища, розширення або стабілізації іхтіоценозу, підвищення ефективності виробництва продукції аквакультури, збільшення продуктивності або відтворювальної здатності, адаптаційних можливостей, резистентності організму гідробіонтів), необхідним є проведення комплексних досліджень стану функціональної активності організму об'єкта, який вивчається, аналізу якості середовища, де він перебуває, сприятливості умов для відтворення, накопичення маси тіла тощо. Ключову роль в окреслених процесах має фізіологічний стан організму з відповідним механізмом регуляції процесів життєдіяльності гідробіонтів, від якого надалі відштовхується формування наступних, не менш важливих параметрів.

### **ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ**

Розглядаючи дану тематику, комплексно оцінюючи стан невіршених раніше аспектів, доцільно акцентувати увагу на провідній ролі саме технологій, що стрімко розвиваються, трансформацій параметрів кліматичного стану, еколого-біологічних змін об'єктів. На фоні модифікацій абіотичних чинників відбувається удосконалення певних ланок фізіолого-біохімічного стану організму гідробіонтів. Важливим є момент «фізіологічної відповідності», адаптації гідробіонтів до тих абіотичних та біотичних чинників, які створюють певне середовище існування. При цьому актуальним є питання моніторингу, як природних акваторій, так і штучних, трансформованих, в тому числі умов виро-



conditions for growing hydrobionts in recirculating aquaculture systems (RAS), of the tank type, is important. Such studies predict the availability of high adaptation capabilities of hydrobionts to innovative solutions, which is currently relevant. In the context of feeding conditions, in particular, with biologically active substances, a complex combination of several technological elements, this topic has practical significance. One of the tasks for scientists and practitioners is the selection of such a method of rearing, which will ensure high resistance of the body of hydrobionts to negative factors of influence in natural conditions, during cultivation (rearing) in RAS, as well as in stagnant conditions, natural water areas, reservoirs, or before stocking to transformed reservoirs. In any situation, in the process of adaptation, the body of hydrobionts must show a level of compensatory mechanisms to the operating factors. Under such conditions, the functional system actively involves all synthetic processes at various levels, including enzymes of energy, protein, carbohydrate and phosphorus metabolisms, etc. It is worth noting that based on the level of activity of a complex of enzymes and hormones, it is possible to develop reasonable conclusions about the adequacy, and what is no less important, the timeliness of the appropriate reactions of the organism of hydrobionts to the action of abiotic and biotic factors.

Taking into account the presented information on the topic, in order to fully disclose the selected problem, the tasks were as follows: to carry out a comprehensive analysis and comprehensively consider the main aspects of the development of the resistance of the body of hydrobionts under the influence of various factors. To reveal the mechanism of action of the main physiological and biochemical processes in the context of understanding the functionality of the body of hydrobionts in gen-

сування або підрощення гідробіонтів в рециркуляційних системах (РАС) басейнового типу. Такі дослідження передбачають наявність високих адаптаційних можливостей гідробіонтів до інноваційних рішень, що зараз є актуальним. У контексті умов підгодівлі, зокрема, біологічно активними речовинами, комплексного поєднання декількох технологічних елементів, дана тематика має практичне значення. Однією з задач, що постає перед науковцями, практиками, є підбір саме такого способу підрощення, який забезпечить високу резистентність організму гідробіонтів до негативних чинників впливу у природних умовах, при вирощуванні (підрощенні) у РАС, а також у ставових умовах, природних акваторіях, водосховищах, або перед зарибленням трансформованих водойм. У будь-якій ситуації в процесі адаптації організм гідробіонтів має проявити рівень компенсаторних механізмів до діючих чинників. За таких умов функціональна система активно залучає всі синтетичні процеси на різних рівнях, в тому числі і ферменти енергетичного, білкового, вуглеводного та фосфорного обмінів тощо. Варто зазначити, що за рівнем активності комплексу ферментів, гормонів можна формувати обґрунтовані висновки щодо адекватності, та що не менш важливо, своєчасності відповідних реакцій організму гідробіонтів на дію абіотичних та біотичних чинників.

Враховуючи представлену інформацію за тематикою, з метою повного розкриття обраного питання, завдання були наступними: здійснити комплексний аналіз та всебічно розглянути основні аспекти формування резистентності організму гідробіонтів за умов впливу різних чинників. Розкрити питання механізму дії основних фізіолого-біохімічних процесів в контексті розуміння функціональності організму гідробіон-



eral. To summarize the basic concepts and presented judgments regarding the activity of metabolic processes, regulation of enzymatic activity in the body of hydrobionts against the background of the influence of abiotic and biotic factors, taking into account the time factor, modern conditions of parameter transformation.

## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

Analyzing the results of scientific and experimental studies by the author of this article and other scientists, attention should be paid not only to the actual parameters of hydrobionts under the conditions of studying the influence of a certain factor, but also to the physiological and biochemical mechanisms of regulation of metabolic processes [1,2,4,6,16]. When interpreting the selected marker parameters of the functional state of the body or developing reasonable conclusions, complexity is also given by understanding the leading links in the course of a particular process, as a result of which the entire functional system in the body of the object being studied is adjusted.

In aquaculture, such scientific experiments are mostly devoted to the study of the influence of the feed factor, conditions of cultivation, growth of hydrobionts, assessment of the favorable hydrochemical environment of a certain water area, comparative characteristics of the effectiveness of the influence of abiotic and biotic factors, etc. One of the vectors of research on the analysis of the effectiveness of the implementation of most cases of improvement of feeding conditions are physiological and biochemical experiments of enzymatic activity, the state of the gastrointestinal tract of hydrobionts [22 – 25, 40].

Any organism is a functionally active system that responds to an action (for it, it is a threshold, suprathreshold force stimulus). As a result, all processes at different physiological and biochemical levels are

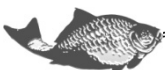
тів загалом. Узагальнити базові поняття та представлені судження щодо активності метаболічних процесів, регулювання ферментативної активності в організмі гідробіонтів на фоні умов впливу абіотичних та біотичних чинників з врахуванням фактору часу, сучасних умов трансформації параметрів.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналізуючи отримані автором даної статті та іншими науковцями результати науково-експериментальних досліджень, звернемо увагу не лише на фактичні параметри гідробіонтів за умов вивчення впливу певного чинника, а й на фізіолого-біохімічні механізми регуляції метаболічних процесів [1, 2, 4, 6, 16]. Здійснюючи інтерпретацію обраних маркерних параметрів функціонального стану організму або формуючи обґрунтовані висновки, комплексності надає також і розуміння провідних ланок перебігу того чи іншого процесу, в результаті якого відбувається корегування цілої функціональної системи в організмі об'єкта, який досліджують.

В аквакультурі такі науково-дослідні експерименти здебільшого є дотичними до вивчення впливу кормового чинника, умов вирощування, підрощення гідробіонтів, оцінки сприятливого гідрохімічного середовища певної акваторії, порівняльної характеристики ефективності впливу абіотичних, біотичних чинників тощо. Одним із векторів дослідження щодо аналізу ефективності впровадження більшості кейсів удосконалення умов підгодівлі є фізіолого-біохімічні експерименти ферментативної активності, стану шлунково-кишкового тракту в організмі гідробіонтів [22–25, 40].

Будь-який організм є функціонально-активною системою, яка надає відповідь на дію (для неї це є подразник порогової, надпорогової сили). В ре-





regulated by the neurohumoral system. At the same time, each vector has a specific influence, which depends on the nature of the occurrence and the final goal. For example, in the study of metabolic processes, there are basic marker parameters that allow assessing the activity of metabolism (protein, carbohydrate, lipid, mineral exchanges), as well as analyzing the level of enzymatic activity (substrate inhibitory specificity, enzyme systems of the gastrointestinal tract (canal), muscular part, etc.). Already as a result, based on the obtained data, it will be appropriate to investigate the rate of weight accumulation, the level of average daily growth of hydrobionts, etc. Adhering to this algorithm of actions, the body of hydrobionts can be considered as a multi-level complex functional system, the links of which are sequential, sometimes have correction with different parameters, physiological-biochemical processes, and regulation mechanisms.

The level of plasticity of a certain species of hydrobionts has effect on its adaptation to environmental conditions, to the action of a certain factor, as well as the possibility of reproduction, reaching the commercial weight of optimal parameters. Under the conditions of maintaining the viability of juvenile hydrobionts and the development of ichthyofauna in conditions of man-made pressure, one of the main factors that determines the level of survival of fish seeds, especially during the adaptation period after introduction, is the influence of predatory species of hydrobionts [26, 27].

Neuro-secretory innervation of the vegetative centers occurs through the hypothalamus — neurohypophyseal and hypothalamus — adenohypophyseal systems, which together constitute the hypothalamus — pituitary system in the body of hydrobionts (Fig. 1).

Before reviewing the classification and role of some hormones in more detail, it

зультаті, на різному фізіологічному, біохімічному рівні всі процеси регулюються нейрогуморальною системою. При цьому кожний вектор має специфічність впливу, яка залежить від природи виникнення та кінцевої мети. Наприклад, при дослідженні метаболічних процесів є основні маркерні параметри, які надають можливість оцінити активність метаболізму (білкового, вуглеводного, ліпідного, мінерального обміну), а також проаналізувати рівень ферментативної активності (субстратно інгібувальної специфічності, ферментних систем шлунково-кишкового тракту (каналу), м'язової частини тощо). Вже як результат, спираючись на отримані дані, доцільним буде дослідити швидкість масонакопичення, рівень середньодобових приростів гідробіонтів тощо. Дотримуючись такого алгоритму дій, організм гідробіонтів можна розглядати як багаторівневу складну функціональну систему, ланки якої є послідовними, іноді мають корекцію з різними параметрами, фізіолого-біохімічними процесами, механізмами регуляції.

Від рівня пластичності певного виду гідробіонтів залежить його адаптація до умов середовища, до дії певного чинника, а також можливість відтворення, досягнення товарної маси оптимальних параметрів. За умов підтримання життєздатності молоді гідробіонтів та формування іхтіофауни в умовах техногенного навантаження одним із основних чинників, який визначає рівень виживання посадкового матеріалу, особливо протягом адаптаційного періоду після інтродукції, є вплив хижих видів гідробіонтів [26, 27].

Нейросекреторна іннервація вегетативних центрів відбувається через гіпоталамо-нейрогіпофізарну та гіпоталамо-аденогіпофізарну системи, що у сукупності і являють гіпоталамо-гіпофізарну систему в організмі гідробіонтів (рис. 1).

Перед тим, як розглянути більш де-



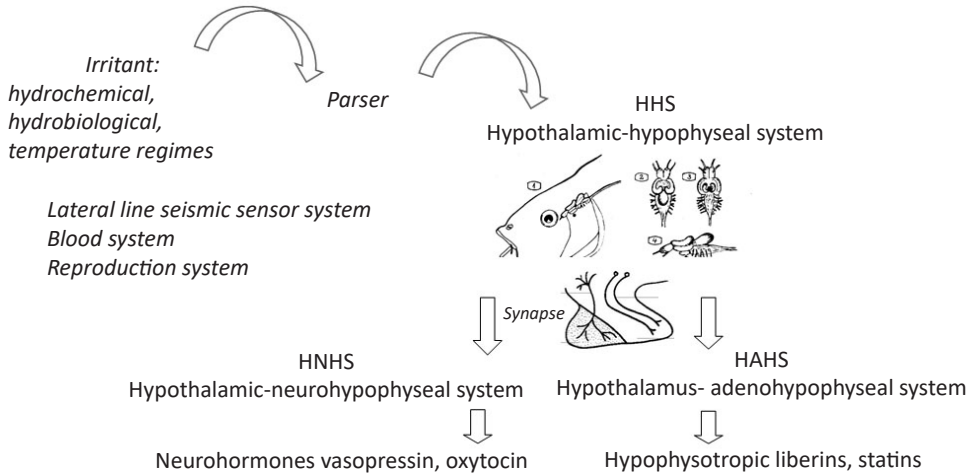
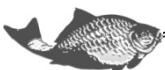


Fig. 1. Flow chart of neurohumoral regulation in fish body: hypophysis — hormones — blood (developed by the author)

will be appropriate, as an example, to analyze the mechanisms in fish body, which work as a whole coordinated system. The basic physiological and biochemical processes determine the physiology of hydrobionts in general, their productivity, reproductive capacity, and the speed of development in ontogeny. Physiologically, it is reasonable that all processes are based on the reflection and processing of signals arriving to a specific target cell, receptor field, or other “place of information analysis and synthesis.” The target organs in the body can be the adrenal glands, kidneys, hematopoietic organs, the nervous system itself, and the immune system. For example, when hydrobionts are under the influence of negative factors of the ecosystem (pollution, man-made pressure, intoxication, etc.), such substances and compounds penetrate through cells, organs, organ systems to the digestive, respiratory, excretory systems, etc. In turn, the restructuring of metabolic processes and homeostatic balance in general occurs according to the “chain” reaction with the vector of preservation of vital functions in hydrobionts [32 – 35, 39].

тально класифікацію та роль деяких гормонів, в якості прикладу, доцільним буде проаналізувати механізми в організмі риб, які спрацьовують як злагоджена система. Отже, базові фізіологічно-біохімічні процеси визначають загалом фізіологію гідробіонтів, їхню продуктивність, відтворювальну здатність, швидкість розвитку в онтогенезі. Фізіологічно є обґрунтованим, що всі процеси базуються на рефлексії та обробці сигналів, які надходять до певної клітини-мішені, рецепторного поля або іншого «місця аналізу та синтезу інформації». Органами-мішенями в організмі можуть бути наднирники, нирки, кровотворні органи, власне нервова, імунна система. Наприклад, коли гідробіонти знаходяться під впливом негативних чинників екосистеми (забруднення, техногенне навантаження, інтоксикація та ін.), відбувається проникнення таких речовин, сполук через клітини, органи, системи органів речовин до травної, дихальної, видільної системи тощо. В свою чергу, за «ланцюговою» реакцією розпочинається перебудова метаболічних процесів та загалом гомеостатичної рівноваги з вектором збереження житте-



All processes in fish body occur directly based on unconditional and conditioned reflexes. For this, every organism, without exception, has a reflex arc [19,20]. This anatomical structure consists of specific links, groups, formations including: receptor; sensitive (afferent) neuron; central nervous system (CNS), interneuron; motor (efferent) neuron; working organ (muscle, gland, etc.). In this context, the neurohumoral effect on certain organs and the functioning of systems is decisive. In general, it should be noted that hydrobionts are functionally active in certain hydrochemical, hydrobiological and other conditions, depending on the strength of stimuli, which exert a permanent or variable influence on individual systems (Fig. 2).

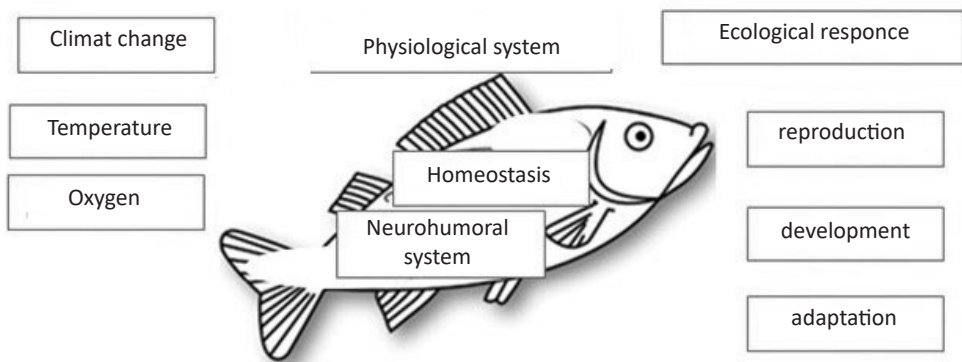
Generalized factors, which affect the functional state of the body of any hydrobiont, have a certain species specificity, depend on the conditions of cultivation, biological and economic peculiarities of the objects of study. At the same time, the plasticity and inertness of nerve centers in the body of hydrobionts, the level of generation of specific biologically active substances in the bloodstream, etc. are important [36, 37, 38].

Thus, the regulation of metabolic pro-

cesses in fish body occur directly based on unconditional and conditioned reflexes.

Реалізація всіх процесів в організмі риб здійснюється безпосередньо на базі безумовних та умовних рефлексів. Для цього в кожному організмі, без винятку, є рефлекторна дуга [19, 20]. Це анатомічне структурне утворення складається зі специфічних ланок, угруповань, утворень, зокрема: рецептор; чутливий (аферентний) нейрон; центральна нервова система (ЦНС); вставний нейрон; руховий (еферентний) нейрон; робочий орган (м'яз, залоза тощо). В даному контексті нейрогуморальний вплив на певні органи, функціонування систем є визначальним. Загалом, слід відмітити, що гідробіонти є функціонально-активними в певних гідрохімічних, гідробіологічних та інших умовах в залежності від сили подразників, які чинять постійний або змінний вплив на окремі системи (рис. 2).

Безумовно, узагальнені чинники, що впливають на функціональний стан організму будь-якого гідробіонта, мають певну видоспецифічність, залежать від умов культивування, біологічно-господарських особливостей об'єктів дослідження. При цьому важливим є пластичність та інертність нервових центрів в організмі гідробіонтів, рівень генера-



**Fig. 2. Generalized factors that affect the overall functional state of the hydrobiont body (developed by the author)**



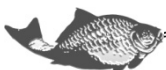
cesses is one of the important parameters that depends on a considerable number of factors. For example, the ecological conditions of the water area are directly correlated with the ability of the fish body to provide neurosecretory innervation of the vegetative centers of the brain and the limbic system in response to each of the stimuli (hydrochemical parameters, trophic peculiarities of the water area, etc.).

It is common knowledge to understand the actual essence of neurohumoral regulation of physiologically important processes in the body of hydrobionts, which takes place through the medulla oblongata, middle cerebellum, intermediate and anterior parts of the brain. Thus, depending on the dominant, the impulse reaches a certain part of the brain of hydrobionts, after which it is processed, transformed, synthesized and innervates the body system through afferent, efferent, feedback neurons and synapses [19, 20, 21]. In the context of neurohumoral regulation of the functions of hydrobionts, it is also worth mentioning the physiological processes that shape, for example, the reproductive capacity of hydrobionts in response to the factor of the aquatic environment where they are (oxygen concentration, temperature, pH, etc.). Among such vital processes, the maturation of fish gonads, the transition of gonads from the final IV and V stages (readiness of fish to ovulation) should be noted. Today, in the conditions of climatic transformations, this becomes especially relevant. An important condition for the full implementation of each of the described processes is the presence of the entire complex of factors for creating a favorable environment in the water area. In particular, the absence of at least one makes the decisive effect of the next one impossible. Therefore, synergistic activity of the complex of all parameters, balancing and compliance with the maximum permissible limits of each of

ції специфічних біологічно активних речовин у кров'яному руслі тощо [36–38].

Таким чином, регулювання метаболічних процесів є одним із важливих параметрів, який залежить від чималої низки чинників. Наприклад, екологічні умови акваторії прямо корелюють із здатністю організму риб забезпечити нейросекреторну іннервацію вегетативних центрів мозку та лімбічної системи у відповідь на кожний з подразників (гідрохімічні параметри, трофічні особливості акваторії тощо).

Загальновідомим є розуміння власне сутності нейрогуморальної регуляції фізіологічно важливих процесів в організмі гідробіонтів, яка відбувається через довгастий, середній, мозочок, проміжний і передній відділи головного мозку. Так, в залежності від доміанти, імпульс надходить до певного з відділів мозку гідробіонтів, після чого обробляється, трансформується, синтезується та через аферентні, еферентні, нейрони зворотнього зв'язку та синапси іннервує систему організму [19–21]. В контексті нейрогуморальної регуляції функцій гідробіонтів варто згадати і фізіологічні процеси, які формують, наприклад, відтворювальну здатність, репродуктивність гідробіонтів у відповідь на чинник водного середовища, де вони перебувають (концентрація кисню, температура, pH тощо). Серед таких життєвоважливих процесів слід відмітити дозрівання статевих продуктів риб, перехід статевих залоз до завершальних IV та V стадій (готовність риб до овуляції). На сьогодні, в умовах кліматичних трансформацій, це набуває особливої актуальності. Важливою умовою повної реалізації кожного з окреслених процесів є наявність в акваторії всього комплексу чинників для створення сприятливого середовища. Зокрема, відсутність хоча би одного унеможливує вирішальну



them is extremely important. According to the parameters of ecological tolerance (the ability of the fish body to adapt to changes in environmental conditions), it is possible to conduct complex studies, to substantiate the obtained results in specific abiotic and biotic conditions.

Therefore, the secretion of hypothalamic releasing hormones in response to the action of any stimulus contributes to the activation of the hypothalamic-pituitary system, which in turn ensures the transport of biologically active substances to the adenohypophysis. At this moment, the releasing factor is activated and the synthesis and secretion of the corresponding tropical hormones by the peripheral (endocrine) glands of hydrobionts takes place. The basic aspects of such a complex physiological and biochemical process are decisive in ensuring homeostatic balance in the body.

Gonadotropic hormone (follicle-stimulating and luteinizing (glycoprotein)) has a direct effect on the reproductive function of fish males and females, particularly on the development of eggs and sperm. In females, under the influence of follitropin, the development and maturation of follicles in the ovaries (oogenesis) occurs, in males - the development and maturation of sperm (spermatogenesis). It is definitely worth emphasizing that, in addition to the neurohumoral regulation of the secretion of releasing hormones, the course of all other processes is reflected in the composition and morpho-functional characteristics of blood. In particular, blood provides transportation of hormones to target organs and other systems. The level of their concentration and the speed of such biochemical reactions depends on a whole complex of factors. At the same time, there is a certain correlation with the qualitative and quantitative characteristics of both the environment and the objects located in a

дію наступного. Тому, вкрай важливою є синергічна активність комплексу всіх параметрів, балансування та відповідності гранично допустимим межам кожного з них. За параметрами екологічної толерантності (здатності організму риб адаптуватися до змін умов середовища) можна проводити комплексні дослідження, обґрунтовувати отримані результати в конкретних абіотичних та біотичних умовах.

Отже, секреція гіпоталамічних рилізінг-гормонів у відповідь на дію будь-якого подразника сприяє активації гіпоталамо-гіпофізарної системи, яка, в свою чергу, забезпечує транспортування біологічно активних речовин до аденогіпофізу. В цей момент підключаються рилізінг-фактор і відбувається синтез та секреція відповідних тропних гормонів периферичними (ендокринними) залозами гідробіонтів. Базові аспекти такого складного фізіолого-біохімічного процесу є визначальними при забезпеченні гомеостатичної рівноваги в організмі.

На відтворювальну функцію самців та самок риб безпосередній вплив чинить гонадотропний гормон (фолікулостимулюючий та лютеїнізуючий (глікопротеїн)), зокрема на формування ікри та сперми. У самок під впливом фолітропіну відбувається розвиток та дозрівання фолікулів в яєчниках (оогенез), у самців — формування та дозрівання сперміїв (сперматогенез). Безумовно, варто акцентувати, що окрім нейрогуморальної регуляції секреції рилізінг-гормонів, перебіг всіх інших процесів відображається на складі та морфо-функціональній характеристиці крові. Зокрема, кров забезпечує транспортування гормонів до органів-мішеней та інших систем. Рівень їх концентрації та швидкість таких біохімічних реакцій залежить від цілого комплексу чинників. При цьому відбувається пев-





specific water area. In the context of not only physiological-biochemical, morphological or other, but also parameters of hydrochemistry. For example, in the context of the development of reproductive capacity, during the maturation of gonads in fish males and females, the rate of oxygen consumption and release of carbon dioxide and ammonia (as end products of metabolism) will have a significant difference. Moreover, the conditions affecting the functional state of the hydrobiont body will always contribute to a certain correction of physiological and biochemical processes. For example, the growth of juvenile hydrobionts in a RAS will contribute to the improvement of the resistance of their body to the action of factors after the stocking of water areas with such juveniles, and the transformational signs will be typical for introduced fish. Under the conditions of the use of adaptogens, dietary supplements, the body of grown-up juveniles will have a high resistance to new factors of the aquatic ecosystem after stocking [6, 9, 16]. Currently, not all breeding programs are rational in the context of investment in additional resources followed by stocking. Everything depends on the type of hydrobionts, the conditions of the natural water body and, in general, on the purpose of such an event.

Thus, it can be concluded that the general specific appropriate reaction of the fish body creates a general background on which all other reactions in the body of hydrobionts develop and largely depend on it. The ability of the fish body in a certain range to adapt to new conditions or to respond to stress factors, sharp changes in the parameters of the aquatic environment, largely depends on the complex of individual physiological mechanisms, on the level of resistance of their body [28]. Numerous studies by foreign authors reflect the important role of the adaptive

ний кореляційний зв'язок з якісними та кількісними ознаками як середовища, так і об'єктів, які знаходяться в конкретній акваторії. В контексті не лише фізіолого-біохімічних, морфологічних або інших, а й параметрів гідрохімії. Наприклад, в контексті формування відтворювальної здатності, в період визрівання статевих продуктів у самців та самок риб показник споживання кисню та виділення вуглекислого газу і аміаку (як кінцевих продуктів обміну) буде мати значну різницю. При чому умови, які впливають на функціональний стан організму гідробіонтів, завжди будуть сприяти певній корекції фізіолого-біохімічних процесів. Наприклад, підрощення молоді гідробіонтів у РАС буде сприяти поліпшенню резистентності їх організму до дії чинників після зариблення такою молоддю акваторій, а трансформаційні ознаки будуть типовими для інтродуцентів. За умов використання адаптогенів, БАДів, організм підрощеної молоді буде мати високу резистентність до нових чинників водної екосистеми після зариблення [6, 9, 16]. Наразі не всі програми підрощення є раціональними в контексті інвестицій в додаткові ресурси з наступним зарибленням. Все залежить від виду гідробіонтів, умов природної водойми та взагалі від поставленої мети такого заходу.

Таким чином, можна зробити висновок, що загальна специфічна відповідна реакція організму риб створює загальний фон, на якому розвиваються та від якого багато в чому залежать усі інші реакції в організмі гідробіонтів. Здатність організму риб в певному діапазоні адаптуватися до нових умов, або реагувати на стрес-чинники, різкі перепади параметрів водного середовища значною мірою залежить від комплексу індивідуальних фізіологічних механізмів, від рівня резистентності їх організму [28]. Численні дослідження інозем-



system in the hydrobiont body. Depending on the influence of factors to which the organism will be able to adapt or adaptation will not occur, successive stages of adaptation and compensatory reactions are developed. Undoubtedly, stress can be one of the body's responses. According to the definition of the phenomenon itself, stress is a non-specific protective, adaptive, neurohumoral reaction of the body in response to the action of stimuli of different strength and nature, which, in turn, can significantly weaken indicators of homeostatic balance (homeostasis) [55-58, 59, 60, 61]. In this context, it should be noted about the significant role of physiological and biochemical processes of self-regulation of the body of hydrobionts, its interaction with the environment under the influence of biotic and abiotic factors. Along with the outlined markers, organs of the digestive tract are also important indicators of the functional state of the body. In the conditions of stressful pressure on physiological parameters and processes, a certain reactivity is typical of the intestine, stomach and digestive glands of hydrobionts, which in turn is consistent with the reserves of the general functional capacity of their organism. It is well known that the study of the level of adaptation mechanisms to factors of various origins is one of the key aspects for a comprehensive analysis of the interaction of the hydrobiont body and the aquatic ecosystem. In aquaculture, the morphological and histological parameters of hydrobionts are the most relevant in such scientific and practical studies, along with those outlined [28, 29, 30, 31].

The functional status of the hydrobiont body is a kind of platform for the course of complex processes at different levels of organization, in particular, biochemical, physiological, morphological, histological, etc. During acclimatization of hydrobionts to new conditions, adaptive and compen-

них авторів відображають важливу роль в організмі гідробіонтів адаптаційної системи. В залежності від впливу чинників, до яких організм буде здатним пристосуватися, або адаптація не відбудеться, здійснюється формування послідовних етапів адаптаційно-компенсаторних реакцій. Безумовно, однією з відповідей організму може бути стрес. За визначенням власне самого явища, стрес являє собою неспецифічну захисну, адаптивну, нейрогуморальна реакцію організму у відповідь на дію різних за силою та природою подразників, що, в свою чергу, здатні значно послаблювати показники гомеостатичної рівноваги (гомеостазу) [55–61]. В даному контексті слід відмітити значну роль фізіолого-біохімічних процесів саморегуляції організму гідробіонтів, його взаємодії з навколишнім середовищем під впливом біотичних та абіотичних чинників. Поряд із окресленими маркерами, органи травного тракту також є важливими індикаторами функціонального стану організму. В умовах стресових навантажень на фізіологічні параметри та процеси, для кишечника, шлунку та травних залоз гідробіонтів характерна певна реактивність, що, у свою чергу, узгоджується з резервами загальної функціональної здатності їх організму. Загальновідомо, що дослідження рівня адаптаційних механізмів до чинників різного походження є одним з ключових аспектів для комплексного аналізу взаємодії організму гідробіонтів та водної екосистеми. В аквакультурі при таких науково-практичних дослідженнях найбільш актуальними, поряд з окресленими є морфологічні та гістологічні параметри гідробіонтів [28–31].

Функціональний статус організму гідробіонтів є своєрідною платформою для перебігу комплексних процесів на різних рівнях організації, зокрема, біохімічному, фізіологічному, морфологіч-



satory mechanisms may not work. Under such circumstances, stressful ethology begins, which is not normal for the body of hydrobionts in optimal environmental conditions [14, 19, 20, 21].

Based on the biological characteristics of fish, specific neuro-humoral centers are developed in their body, which are separate structures of the central nervous system, which already directly transmits nerve impulses to endocrine organs. This «nerve path» (brain — gland) is passed by every impulse according to the principle of a reflex arc. For example, under conditions of influence of different temperatures on the body of hydrobionts, temperature adaptation with different threshold indicators will be developed. So, hormonal regulation has a control apparatus. The central structure of the nervous system, which regulates the functions of the endocrine apparatus, is the hypothalamus. This function of the hypothalamus is related to the presence in it of groups of neurons that have the ability to synthesize and secrete special regulatory peptides — neurohormones. The hypothalamus is both a nervous and an endocrine center [19, 20, 47–50].

The basic aspects of the regulation of physiological functions in the body of hydrobionts ensure the maintenance of homeostatic balance through the interrelationship of nervous and humoral mechanisms. For example, cortisol content is a marker indicator of functional changes, the concentration of which increases in response to various forms of stress factors. This hormone regulates the functional activity of organs, in particular, the liver, glycogen in muscles, increases metabolic activity, stabilizes or, on the contrary, destabilizes the reproductive function. Under any conditions, physiological and biochemical substantiation will only supplement and provide in-depth ideas about the effectiveness of the effect or the general state of the

ному, гістологічному тощо. При акліматизації гідробіонтів до нових умов адаптаційно-компенсаторні механізми можуть не спрацювати. За таких обставин розпочинається стресова етологія, яка не є нормою для організму гідробіонтів в оптимальних умовах середовища [14, 19–21].

Виходячи з біологічних особливостей риб, відбувається формування специфічних нейрогуморальних центрів в їхньому організмі, які являють собою окремі структурні утворення центральної нервової системи, яка вже безпосередньо передає нервові імпульси до ендокринних органів. Цей «нервовий шлях» (мозок — залоза) проходить кожний імпульс за принципом рефлексаторної дуги. Наприклад, за умов впливу різних температур на організм гідробіонтів буде формуватись температурна адаптація з різними пороговими показниками. Отже, гормональна регуляція має апарат керування. Центральною структурою нервової системи, що регулює функції ендокринного апарата, є гіпоталамус. Ця функція гіпоталамуса пов'язана з наявністю в ньому груп нейронів, що мають здатність синтезувати та секретувати спеціальні регуляторні пептиди — нейрогормони. Гіпоталамус є одночасно нервовим та ендокринним центром [19, 20, 47–50].

Базові аспекти регуляції фізіологічних функцій в організмі гідробіонтів забезпечують підтримання гомеостатичної рівноваги шляхом взаємовідношення нервових і гуморальних механізмів. Наприклад, вміст кортизолу є маркерним показником функціональних змін; концентрація його зростає у відповідь на різні форми стрес-чинників. Цей гормон регулює функціональну активність органів, зокрема, печінки, вміст глікогену у м'язах, збільшує метаболічну активність, стабілізує або, навпаки, дестабілізує репродуктивну функцію.



body of hydrobionts, parameters of their productivity, etc.

Considering today's conditions, transformational changes in climatic parameters all over the world, problems of improving the adaptive and compensatory capabilities of hydrobionts, increasing their resistance to the influence of abiotic and biotic factors are relevant and have practical value and scientific significance. Specific adaptation is the process of adaptation of the body to any «adequate» factor in the external environment. These are, for example, temperature changes (cooling, heat), climate changes (introduction, transportation of objects from one region to another), vaccination, etc. In the process of evolution, a non-specific adaptation developed — the process of development of one factor under the influence of other factors analogous to the first. Such a process is decisive in the preservation of species, populations, and their viability under extreme conditions of sufficiently long duration. As studies show, such aspects are important in the development of strategic plans for the development of aquaculture for each country, optimization of technological aspects of production of aquaculture products, introduction of adaptogens, biologically active feed additives, etc. [41–46, 51, 52, 53, 54].

#### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The body of hydrobionts is a single complex functional system, each parameter of which is interconnected with another and regulated by neurohumoral pathways. The center of regulation of stability of homeostatic balance must provide an ad-

За будь-яких умов фізіолого-біохімічне обґрунтування лише доповнить та надасть глибинних уявлень про ефективність впливу або загальний стан організму гідробіонтів, параметри їх продуктивності тощо.

Враховуючи умови сьогодення, трансформаційні зміни кліматичних параметрів у всьому світі, питання поліпшення адаптаційно-компенсаторних можливостей гідробіонтів, підвищення їх резистентності до впливу абіотичних та біотичних чинників є актуальними та мають практичну цінність та наукове значення. Специфічна адаптація являє собою процес пристосування організму до будь-якого «адекватного» для нього чинника зовнішнього середовища: зміни температури (похолодання, спека), зміни клімату (інтродукція, транспортування об'єктів з одного регіону в інший), вакцинація тощо. У процесі еволюції виробилася неспецифічна адаптація — процес формування одного чинника за умов впливу інших чинників аналогічних до першого. Такий процес є визначальним у питанні збереження видів, популяцій, їх життєздатності при екстремальних умовах достатньо тривалої дії. Як показують дослідження, такі аспекти є важливими при розробці стратегічних планів розвитку аквакультури для кожної країни, оптимізації технологічних аспектів виробництва продукції аквакультури, впровадження адаптогенів, біологічно активних кормових добавок тощо [41–46, 51–54].

#### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Організм гідробіонтів являє собою єдину складну функціональну систему, кожний з параметрів якої є взаємопов'язаним з іншим та регулюється нейрогуморальним шляхом. Центр регуляції сталості гомеостатичної рівноваги має забезпечувати адекватну



equate response to the influence of a stimulus (abiotic or biotic factor). Under conditions of inconsistency, a state of stress occurs in hydrobionts. The ability of the body to respond with the same type of systemic non-specific reaction to various stress factors determines the level of adaptation capabilities of hydrobionts. The general non-specific adaptation reaction of the body creates a general background against which all other reactions in the fish body develop and largely depend on.

The study of physiological and biochemical processes of adaptation against the background of the influence of various factors (technological, climatic, genetic, etc.) is of great importance for understanding the processes of self-regulation of the body of hydrobionts, its interaction with the environment under the influence of factors. Understanding the essence of the processes occurring in the body of hydrobionts provides an opportunity to more effectively choose the technological aspects of improving a certain technology in aquaculture. Innovative solutions in the industry can contribute to increasing efficiency from their introduction into the technological map, provided that the biological features of hydrobionts and the level of their adaptation capabilities are taken into account. At the same time, the body of hydrobionts can respond in the form of a stress reaction, which will be an indicator of the lack of positive adaptation to the implemented technological cases of improving the course of physiological and biochemical processes. Because sometimes the body of hydrobionts needs to be prepared for certain changes, to increase resistance to the likely negative effects of individual elements. The functionality of the fish body is determined by the complexity of all processes aimed at supporting vital functions, self-preservation and adaptive and compensatory capabilities. Undoubtedly, the activity of the course of

реакцію на вплив подразника (абіотичного або біотичного чинника). За умов невідповідності у гідробіонтів відбувається стан стресу. Здатність організму відповідати однотипною системною неспецифічною реакцією на різні стрес-чинники визначає рівень адапційних можливостей гідробіонтів. Загальна неспецифічна адаптаційна реакція організму створює загальний фон, на якому розвиваються і від якого багато в чому залежать усі інші реакції в організмі риб.

Вивчення фізіолого-біохімічних процесів адаптації на тлі впливу різних чинників (технологічних, кліматичних, генетичних тощо) має велике значення для розуміння процесів саморегуляції організму гідробіонтів, його взаємодії з навколишнім середовищем під впливом чинників. Розуміння сутності процесів, які відбуваються в організмі гідробіонтів, надає можливість ефективніше підібрати технологічні аспекти удосконалення певної технології в аквакультури. Інноваційні рішення в галузі можуть сприяти підвищенню ефективності від їх впровадження у технологічну карту за умов врахування біологічних особливостей гідробіонтів, рівня їх адапційних можливостей. Одночасно з цим, організм гідробіонтів може надавати відповідь у вигляді стрес-реакції, що буде індикатором відсутності позитивної адаптації до впроваджених технологічних кейсів поліпшення перебігу фізіолого-біохімічних процесів, оскільки іноді організм гідробіонтів потрібно підготувати до певних змін, підвищити резистентність до ймовірної негативної дії окремих елементів. Функціональність організму риб визначається за комплексністю всіх процесів, націлених на підтримку життєвоважливих функцій, самозбереження та адаптаційно-компенсаторних можливостей. Безумовно,





metabolic processes, in particular, physiological and biochemical ones, identifies the parameters of homeostatic balance in the body of fish.

активність перебігу метаболічних процесів, зокрема фізіолого-біохімічних, ідентифікує параметри гомеостатичної рівноваги в організмі риб.

## REFERENCES

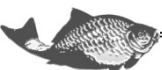
1. Honcharova, O. V., Paraniak, R. P., & Hutyi B. V. (2019). Funktsionalnyi stan orhanizmu prysnovodnykh ryb za umov vplyvu abiotychnykh chynnykiv. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 21, 90, 82-87.
2. Honcharova, O. V. (2022). Ekolo-ho-fiziolo-hichni parametry orhanizmu koropa v polikulturi pry zaryblenni ponyzzia Dnipra zhyttiestiikoiu molod-diu. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 127, 348-354.
3. Fedonenko, O. V. (2010). Vplyv antropo-hennykh faktoriv na stan promyslovoi ikhtiofauny Zaporizkoho vodoshkovy-shcha: *Extended abstract of Doctor's thesis*. Odesa.
4. Korzhov, Ye., & Honcharova, O. (2005). *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: Collective monograph*: Riga: Baltija Publishing.
5. Buzevych, I. Yu., & Tretiak, O. M. (2005). Naukovi osnovy spriamovanoho formuvannia ikhtiofauny dniprovsykykh vodoshkovyshch. *Problemy vidtvoren-nia aboryhenykh vydiv ryb*. Cherkasy, 213-216.
6. Honcharova, O. V. et al. (2020). Biological substantiation of improvement of biotechnological map of production of aquaculture products «eco - direction». *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (1), 261-266.
7. Camacho-Rodriguez, J., et al. (2018). Microalgae as a potential ingredient for partial fish meal replacement in aqua-feeds: nutrient stability under different storage conditions. *Aquaculture*, 259-276.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гончарова О. В., Параняк Р. П., Гутий Б. В. Функціональний стан організму прісноводних риб за умов впливу абіотичних чинників // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2019. Т. 21, № 90. С. 82—87. (Серія : Сільськогосподарські науки).
2. Гончарова О. В. Еколого-фізіологічні параметри організму коропа в полікультурі при зарибленні пониззя Дніпра життестійкою молоддю // Таврійський науковий вісник. 2022. Вип. 127. С. 348—354.
3. Федоненко О. В. Вплив антропогенних факторів на стан промислової іхтіофауни Запорізького водосховища : автореф. дис. на здобуття докт. біол. наук : спец. 03.00.16 : «Екологія». Одеса, 2010. 34 с.
4. Korzhov Ye., Honcharova O. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions : Collective monograph. Riga : Baltija Publishing, 2020. 684 p.
5. Бузевич І. Ю., Третяк О. М. Наукові основи спрямованого формування іхтіофауни дніпровських водосховищ // Проблеми відтворення аборигених видів риб. Черкаси, 2005. С. 213—216.
6. Biological substantiation of improvement of biotechnological map of production of aquaculture products «eco - direction» / Honcharova O. V. et al. // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10 (1). P. 261—266.
7. Microalgae as a potential ingredient for partial fish meal replacement in aquafeeds: nutrient stability under different storage conditions / Camacho-



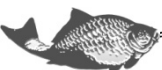
8. Ringo, E., et al. (2010). Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*, 16, 117-136.
9. Symon, M. Yu., Hrytsyniak, I. I., & Kolesnyk, N. L. (2020). Rybnytsko-biologichni pokaznyky vyroshchuvannya rannoї molodi rosiiskoho osetra za umovy vvedennia v yoho ratsion inaktivovanykh pekarskykh drizhdzhiv. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, 1, 73-87.
10. Dobrianska, O. P., Zabytivskiy, Y. M., & Deren, O. V. (2021). Digestibility of productive carp feeds under the effect of mannan oligosaccharide. *AACL Bioflux*, 14 (4), 2021-2026.
11. Wan, A. H. et al. (2019). Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. *Reviews in Aquaculture*, 11, 3, 458-492.
12. Hrynzhhevskiy, M. V., & Pekarskiy, A. V. (2004). *Optymizatsiia vyrobnytstva produktsii akvakultury*. Kyiv: PolihrafKon-sal'tynh.
13. Palamarchuk, R. A., Deren, O. V., & Kachai, H. V. (2016). Vplyv zghodovuvannya amarantu (*Amaranthus*) na rybnytski ta deiaki fiziolohe-biokhimichni pokaznyky dvolitok koropa. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 2, 73-81.
14. Guerriero, G., & Garcia, G. (2018). Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ.*, 2, 665-692.
15. Sondak, V. V. (2008). Osoblyvosti formuvannya stresovykh sytuatsii ta ryzyky vyzhyvannya aboryhennoi ikhtiofauny v poverkhnevyykh vodakh Ukrainy. *Dop. NAN Ukrainy*, 7, 191-200.
16. Honcharova, O. V., & Tushnytska, N. I. (2018). Fiziologichne obruntuvannya vykorystannia netradytsiinoho metodu obrobky syrovyny v akvakulturi. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1, 54-56.
17. Martinez-Porchas, M., Martinez-Cordova, L. R., & Ramos-Enriquez, R. (2009). Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress. *Pan-American Journal of*
- Rodriguez J. et al. // *Aquaculture*/ 2018. P. 259—276.
8. Prebiotics in aquaculture: a review / Ringo E. et al. // *Aquaculture Nutrition*. 2010. Vol. 16. P. 117—136.
9. Симон М. Ю., Грициняк І. І., Колесник Н. Л. Рибницько-біологічні показники вирощування ранньої молоді російського осетра за умови введення в його раціон інактивованих пекарських дріжджів // *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 1. С. 73—87.
10. Dobrianska O. P., Zabytivskiy Y. M., Deren O. V. Digestibility of productive carp feeds under the effect of mannan oligosaccharide // *AACL Bioflux*. 2021. Vol. 14 (4). P. 2021—2026.
11. Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient / Wan A. H. et al. // *Reviews in Aquaculture*. 2019. Vol. 11, iss. 3. P. 458—492.
12. Гринжевський М. В., Пекарський А. В. Оптимізація виробництва продукції аквакультури. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2004. 328 с.
13. Паламарчук Р. А., Дерень О. В., Качай Г. В. Вплив згодовування амаранту (*Amaranthus*) на рибницькі та деякі фізіолого-біохімічні показники дволіток коропа // *Рибогосподарська наука України*. 2016. № 2. С. 73—81.
14. Guerriero G., Garcia G. Stress biomarkers and reproduction in fish // *Fish environ*. 2018. Vol. 2. P. 665—692.
15. Сондак В. В. Особливості формування стресових ситуацій та ризику виживання аборигенної іхтіофауни в поверхневих водах України // *Доп. НАН України*. 2008. № 7. С. 191—200.
16. Гончарова О. В., Тушницька Н. Й. Фізіологічне обґрунтування використання нетрадиційного методу обробки сировини в аквакультурі // *Рибогосподарська наука України*. 2018. № 1. С. 54—64.
17. Martinez-Porchas M., Martinez-Cordova L.R., Ramos-Enriquez R.



- Aquatic Sciences*, 4 (2), 158-178.
18. Cyr, N. E., & Romero, L. M. (2009). Identifying hormonal habituation in field studies of stress. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 161, 295-303.
  19. Dekhtiarov, P. A., Yevtushenko, M. Yu., & Sherman, I. M. (2008). *Fiziolojiia ryb*. Kyiv: Ahrarna osvita.
  20. Mazurkevych, A. Y. (2012). *Fiziolojiia tvaryn*. Kyiv: Nova knyha.
  21. Karpovskiy, V. I., et al. (2014). *Endokrynna rehuliatyia fiziologichnykh funktsii: metodychni materialy dlia studentiv vyshchykh ahrarnykh zakladiv osvity 3-4 rivniv akredytatsii za napriamamy pidhotovky "Veterynarna medytsyna": 6.110101-OKR «Bakalavr» ta 8.11010101-OKR «Mahistr» "Tekhnolojiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva": 6.090102 - OKR «Bakalavr» ta 8.60901020 - OKR «Mahistr»*. Kyiv: NUBIP Ukrainy.
  22. Hoseinifar, S. H., Dadar, M., & Ringo, E. (2017). Modulation of nutrient digestibility and digestive enzyme activities in aquatic animals: the functional feed additives scenario. *Aquac. Res.*, 48, 3987-4000.
  23. Ognean, L., & Barbu, A. (2009). The estimation of the biostimulator potential of some fodder additives based on the main hematological and biometrical indices of brook trout (*Salvelinus fontinalis* M.). *Annals of RSCB*, XIV, 2, 292-296.
  24. Fegan, D. F. (2006). Functional foods for aquaculture: benefits of NuPro® and dietary nucleotides in aquaculture feeds. *Nutritional biotechnology in the feed and food industries. Alltech's 22nd Annual Symposium: Lexington, Kentucky, 23-26 April: proceed.* Lexington, Kentucky, USA, 419-432.
  25. Ziółkowska, E., et al. (2020). Effects of a Trans-Galactooligosaccharide on Biochemical Blood Parameters and Intestine Morphometric Parameters of Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress // *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 2009. Vol. 4 (2). P. 158—178.
  18. Cyr N. E., Romero L. M. Identifying hormonal habituation in field studies of stress // *Gen. Comp. Endocrinol.* 2009. Vol. 161. P. 295—303.
  19. Дехтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. М. Фізіологія риб. Київ : Аграрна освіта, 2008. 341 с.
  20. Фізіологія тварин / 2-ге вид., доопрацьоване / Мазуркевич А. Й. та ін. / Київ : Нова книга, 2012. 424 с.
  21. Ендокринна регуляція фізіологічних функцій : методичні матеріали для студентів вищих аграрних закладів освіти 3-4 рівнів акредитації за напрямом підготовки «Ветеринарна медицина»: 6.110101-ОКР «Бакалавр» та 8.11010101-ОКР «Магістр» «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» : 6.090102 — ОКР «Бакалавр» та 8.60901020 — ОКР «Магістр» / Карповський В. І. та ін. Київ : НУБІП України, 2014. 43 с.
  22. Hoseinifar S. H., Dadar M., Ringo E. Modulation of nutrient digestibility and digestive enzyme activities in aquatic animals: the functional feed additives scenario // *Aquac. Res.* 2017. Vol. 48. P. 3987—4000.
  23. Ognean L., Barbu A. The estimation of the biostimulator potential of some fodder additives based on the main hematological and biometrical indices of brook trout (*Salvelinus fontinalis* M.) // *Annals of RSCB*. 2009. Vol. XIV, iss. 2. P. 292—296.
  24. Fegan D. F. Functional foods for aquaculture: benefits of NuPro® and dietary nucleotides in aquaculture feeds. *Nutritional biotechnology in the feed and food industries // Alltech's 22nd Annual Symposium, Lexington, Kentucky, 23-26 April : proceed.* Lexington, Kentucky, USA, 2006. P. 419—432.



- Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Animals*, 10 (4), 723-740.
26. Buzevych, I. Yu., & Makarenko, A. V. (2020). Khyzhyi ikhtiokompleks Velykoburlutskoho vodoshkovyshcha yak chynnyk vplyvu na vyzhyvannia posadkovoho materialu roslynoidnykh ryb. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 3 (53), 5-18.
27. Hrytsyniak, I. I., Khrystenko, D. S., & Kotovska, H. O. (2012). Naukovo-metodychni aspekty rozrobky naukovo-biologichnykh obgruntuvan ta rezhymiv spetsialnykh tovarnykh rybnyykh hospodarstv (STRH). *Ahrosvit Ukrainy*, 1, 29-30.
28. Kozii, O. M. (2020). Biomonitoryngh poststresovykh adaptyvnykh zmin orhaniv travlennia sterliadi v umovakh zamknenoho vodozabezpechennia. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 3 (53), 92-108.
29. Kozii, M. S. (2009). *Otsenka sovremennoho sostoiannya hystolohycheskoi tekhniky u puty usovershenstvovannia yzucheniya ykhtyofauny*. Kherson: Oldy-plus.
30. Kozii, M. S. (2011). *Hystomorfologhycheskye osobennosti ikhtyofauny Yuha Ukraini*. Kherson: Oldy-plus.
31. Lenhardt, M., Prokes, M., & Jaric, I. (2005). Comparative analysis of morphometric characters of juvenile starlet *Acipenser ruthenus* L. from natural population and aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 65, 320-320.
32. Zharchynska, V. S., & Hrynevych, N. Ye. (2022). Improving the technology of growing crustaceans the example of red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Scientific Messenger LNUVMB. Series: Agricultural sciences*, 24, 96, 16-23.
33. Honcharova, O. V., Sekiou, O., & Kutishchev, P. S. (2021). Fiziolohe-biokhimichni aspekty adaptatsiino-kompensatornykh protsesiv orhanizmu hidro-
25. Effects of a Trans-Galactooligosaccharide on Biochemical Blood Parameters and Intestine Morphometric Parameters of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) / Ziolkowska E. et al. // *Animals*. 2020. Vol. 10 (4). P. 723—740.
26. Бузевич І. Ю., Макаренко А. В. Хижий іхтіокомплекс Великобурлуцького водосховища як чинник впливу на виживання посадкового матеріалу рослиноїдних риб // *Рибогосподарська наука України*. 2020. № 3(53). С. 5—18.
27. Грициняк І. І., Христенко Д. С., Котовська Г. О. Науково-методичні аспекти розробки науково-біологічних обґрунтувань та режимів спеціальних товарних рибних господарств (СТРГ) // *Агросвіт України*. 2012. № 1. С. 29—30.
28. Козій О. М. Біомоніторинг постстресових адаптивних змін органів травлення стерляді в умовах замкненого водозабезпечення // *Рибогосподарська наука України*. 2020. № 3 (53). С. 92—108.
29. Козий М. С. Оценка современного состояния гистологической техники и пути усовершенствования изучения ихтиофауны. Херсон : Олди-плюс, 2009. 310 с.
30. Козий М. С. Гистоморфологические особенности ихтиофауны Юга Украины. Херсон : Олди-плюс, 2011. 180 с.
31. Lenhardt M., Prokes M., Jaric I. Comparative analysis of morphometric characters of juvenile starlet *Acipenser ruthenus* L. from natural population and aquaculture // *Journal of Fish Biology*. 2005. № 65. P. 320—320.
32. Zharchynska V. S., Hrynevych N. Ye. Improving the technology of growing crustaceans the example of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* // *Scientific Messenger LNUVMB*. 2022. Vol. 24, № 96. P. 16—23. (Series :



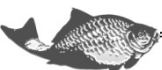


- biontiv pid vplyvom tekhnolohichnykh chynnykiv. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 4, 101-114.
34. Vinogradov, E. V., Simonov, V. M., & Recoubratsky, A. V. (2019). Selection for Stress Resistance at Early Stages of Development in Common Carp. *Aquacultural and Biological Characteristics of Offspring, october 7-10 Berlin, Germany. Our Future Growing from Water. Aquaculture Europe*, 593-1594.
  35. Barcellos, L. J. et al. (2012). Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress. *Aquaculture Research*, 30 (6), 437-444.
  36. Atanasov, V., Staykov, J., & Petkov, G. (2011). Hydrobionts. Indicators for pollution of aquatic ecosystems. *Handbook of Applied Ecology*. Stara Zagora, Bulgaria: Alfamarket.
  37. Zaykov, N. A. (2008). *Aquaculture. Principles and Technologies*. Sofia, Bulgaria: Cabri.
  38. Farombi, E., Adelowo, O., & Ajimoko, Y. (2007). Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African Cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria ogun river. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 4, 158-165.
  39. Atanasov, V., et al. (2012). Study on levels of some heavy metals in water and liver of carp (*Cyprinus carpio* L.) from waterbodies in Stara Zagora Region. *Bulgaria. Agric. Sci. Technol*, 321-327.
  40. Georgieva, E., Yancheva, V., & Iliev, I. (2016). Histological and biochemical changes in liver of common carp (*Cyprinus carpio* L.) under metal exposure North-West. *J. Zool*, 12-20.
  41. Pagé, C., & Terray, L. (2011). Nouvelles projections climatiques à échelle fine sur la France pour le XXI e siècle: les scenarii. *Cerfacs: Scratch*, 25.
  33. Гончарова О. В., Sekiou O., Кутіщев П. С. Фізіолого-біохімічні аспекти адаптаційно-компенсаторних процесів організму гідробіонтів під впливом технологічних чинників // *Рибогосподарська наука України*. 2021. № 4. С. 101—114.
  34. Vinogradov E. V., Simonov V. M., Recoubratsky A. V. Selection for Stress Resistance at Early Stages of Development in Common Carp // *Aquacultural and Biological Characteristics of Offspring. Our Future Growing from Water, October 7-10 Berlin, Germany, 2019 : proceed. Berlin, Germany, 2019. P. 1593—1594. (Aquaculture Europe)*.
  35. Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress / Barcellos L. J. et al. // *Aquaculture Research. Vol. 30 (6). P. 437—444.*
  36. Atanasov V., Staykov J., Petkov G. Hydrobionts. Indicators for pollution of aquatic ecosystems // *Handbook of Applied Ecology. 2nd Alfamarket. Stara Zagora, Bulgaria, 2011. 318 p.*
  37. Zaykov N. A. *Aquaculture. Principles and Technologies. Sofia, Bulgaria : Cabri, 2008. 376 p.*
  38. Farombi E., Adelowo O., Ajimoko Y. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African Cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria ogun river // *Int. J. Environ. Res. Public Health. 2007. № 4. P. 158—165.*
  39. Study on levels of some heavy metals in water and liver of carp (*Cyprinus carpio* L.) from waterbodies in Stara Zagora Region / Atanasov V. et al. // *Bulgaria. Agric. Sci. Technol. 2012. P. 321—327.*
  40. Georgieva E., Yancheva V., Iliev I. Histological and biochemical changes in liver of common carp (*Cyprinus carpio* Agricultural sciences).

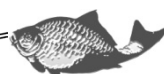




42. Poff, N. L., & Zimmerman, J. H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshw. Biol.*, 194-205.
43. Pankhurst, N. W., et al. (1996). Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. GNR, 277-290.
44. Moss, R. H., et al. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 747-756.
45. Mouthon, J., & Daufresne, M. (2006). Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusc communities of the Saône: a large lowland river and of its two main tributaries (France). *Global Change Biology*, 441-449.
46. Nakićenović, N., & Swart, R. (2000). Special Report on Emissions Scenarios. *A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University.
47. Lauzeral, C. (2012). *Prédiction du potentiel d'invasion des espèces non natives par des modèles de niche: approches méthodologiques et applications aux poissons d'eau douce sur le territoire français*. France: Université Toulouse III - Paul Sabatier.
48. King, H. R., Pankhurst, N. W., & Watts, M. (2007). Reproductive sensitivity to elevated water temperatures in female Atlantic salmon is heightened at certain stages of vitellogenesis. *Journal of Fish Biology*, 190-205.
49. Kishi, D. et al. (2005). Water temperature determines strength of top-down control in a stream food web. *Freshwater Biology*, 1315-1322.
50. Kocan, R., et al. (2009). Effects of L.) under metal exposure North-West // *J. Zool.* 2016. P. 12—20.
41. Pagé C., Terray L. Nouvelles projections climatiques à échelle fine sur la France pour le XXI e siècle: les scenarii // Cerfacs: Scratch. 2011. 25 p.
42. Poff N. L., Zimmerman J. H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows // *Freshw. Biol.* 2010. P. 194—205.
43. Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / Pankhurst N.W. et al. // *Aquaculture*. 1996. P. 277—290.
44. The next generation of scenarios for climate change research and assessment / Moss R. H. et al. *Nature*. 2010. P. 747—756.
45. Mouthon J., Daufresne M. Effects of the 2003 heatwave and climatic warming on mollusc communities of the Saône: a large lowland river and of its two main tributaries (France) // *Global Change Biology*. 2006. P. 441—449.
46. Nakićenović N., Swart R. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge : Cambridge University, 2000. 250 p.
47. Lauzeral C. Prédiction du potentiel d'invasion des espèces non natives par des modèles de niche: approches méthodologiques et applications aux poissons d'eau douce sur le territoire français. France : Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2012. 229 p.
48. King H. R., Pankhurst N. W., Watts M. Reproductive sensitivity to elevated water temperatures in female Atlantic salmon is heightened at certain stages of vitellogenesis // *Journal of Fish Biology*. 2007. P. 190—205.



- temperature on disease progression and swimming stamina in Ichthyophonus-infected rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, 835-843.
51. Hooper, M. J., et al. (2013). Interactions between chemical and climate stressors: a role for mechanistic toxicology in assessing climate change risks. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32 (1), 32-48.
  52. Blahová, J., et al. (2013). Oxidative stress responses in zebrafish *Danio rerio* after subchronic exposure to atrazine. *Food Chem. Toxicol.*, 61.
  53. Fernandino, J. I., et al. (2013). Environmental stress-induced testis differentiation: Androgen as a by product of cortisol inactivation. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 36-44.
  54. Hontela, A. (1997). Endocrine and physiological responses of fish to xenobiotics: Role of glucocorticosteroid hormones. *Rev. Toxicol.*, 1-46.
  55. Islas-Flores, H., et al. (2013). Diclofenac-induced oxidative stress in brain, liver, gill and blood of common carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 92, 32-38.
  56. Lushchak, V. I. (2011). Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatique Toxicol.*, 101, 13-30.
  57. Romero, L. M. (2004). Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research *Trends Ecol. Evol.*, 19, 249-255.
  58. Selye, H. (1950). Stress and the General Adaptation Syndrome. *BMJ*, 1, 1392.
  59. Stara, A., Machova, J., & Velisek, J. (2012). Effect of chronic exposure to simazine on oxidative stress and antioxidant response in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 33, 334-343.
  60. Valavanidis, A., et al. (2006). Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic
  49. Water temperature determines strength of top-down control in a stream food web / Kishi D. et al. // *Freshwater Biology*. 2005. P. 1315—1322.
  50. Effects of temperature on disease progression and swimming stamina in Ichthyophonus-infected rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) / Kocan R. et al. // *Journal of Fish Diseases*. 2009. P. 835—843.
  51. Interactions between chemical and climate stressors: a role for mechanistic toxicology in assessing climate change risks / Hooper M. J. et al. // *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2013. Vol. 32 (1). P. 32—48.
  52. Oxidative stress responses in zebrafish *Danio rerio* after subchronic exposure to atrazine / Blahová J. et al. // *Food Chem. Toxicol.* 2013. 61 p.
  53. Environmental stress-induced testis differentiation: Androgen as a by-product of cortisol inactivation / Fernandino J. I. et al. // *Gen. Comp. Endocrinol.* 2013. P. 36—44.
  54. Hontela A. Endocrine and physiological responses of fish to xenobiotics: Role of glucocorticosteroid hormones // *Rev. Toxicol.* 1997. №1. P. 1—46.
  55. Diclofenac-induced oxidative stress in brain, liver, gill and blood of common carp (*Cyprinus carpio*) / Islas-Flores H. et al. // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2013. Vol. 92. P. 32—38.
  56. Lushchak V. I. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals // *Aquatique Toxicol.* 2011. No 101. P. 13—30.
  57. Romero L. M. Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research // *Trends Ecol. Evol.* 2004. Vol. 19. P. 249—255.
  58. Selye H. Stress and the General Adaptation Syndrome // *BMJ*. 1950. No. 1. 1392 p.
  59. Stara A., Machova J., Velisek J. Effect of chronic exposure to simazine on



- organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Environ. Chem.*, 64, 178-189.
61. Timchenko, V. M., Lynnyk, P. M., Kholodko, O. P., Beliaiev, V. V., Vandiuk, N. S., & Huliaieva, O. O., et al. (2013). *Abiotychni komponenty ekosystemy Kyivskoho vodoskhovyshcha*. Kyiv: Lohos.
- oxidative stress and antioxidant response in common carp (*Cyprinus carpio* L.) // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2012. Vol. 33. P. 334—343.
60. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants / Valavanidis A. et al. // *Environ. Chem.* 2006. Vol. 64. P. 178—189.
61. Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища / Тімченко В. М. та ін. Київ : Логос, 2013. 60 с.

