

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies

ISSN 2518–7554 print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.15421/nvlvet8304
<http://nvlvet.com.ua/>

UDC 619:614:31:639.331.5

The dynamics of the physiological state changes and hematological indicators of the rainbow trout during the launch of the biofilter in the installations of the closed water utilization

N. Grynevych

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Article info

Received 10.01.2018
Received in revised form
16.02.2018
Accepted 23.02.2018

Bila Tserkva National Agrarian
University, Pl. Soborna, 8/1, Bila
Tserkva, 09117, Ukraine
Tel.: +38-098-959-49-97
E-mail: gnatbc@ukr.net

Grynevych, N. (2018). The dynamics of the physiological state changes and hematological indicators of the rainbow trout during the launch of the biofilter in the installations of the closed water utilization. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 20(83), 19–24. doi: 10.15421/nvlvet8304

The purpose of the work was to investigate the effect of nitrites on the development of fry of rainbow trout, the number of red blood cells, the level of hemoglobin and methemoglobin during the launch of a biofilter installation of closed water use. In the water from the biofilter reactor, the nitrite content was determined using the GBL test. The fish blood was taken from the tail vein (after tail cropping) with a thinly drawn pasteurized pipette into a heparin test tube. In blood, the number of red blood cells, hemoglobin and methemoglobin levels were determined according to generally accepted methods. The results of changes in the physiological state and hematological parameters of rainbow trout in water of closed water supply facilities are presented. It is shown that during the launch of the biofilters of ultrasound, the greatest death of the rainbow trout occurs from 16 to 20 days of the experiment and is 14.9% of the total fish. At the same time, all live fish floated in the upper layers of water, in $\approx 50\%$ of the fish there was a nervous tremor of the body and fins, it massively swam to the place of water supply, in $\approx 90\%$ of the fish marked the darkening of the body and fins that were sealed, at 90% The fish color of the gills changed from red to brown. It was established that since the start of the biofilter and up to 25 days of the experiment in the blood of rainbow trout, the number of red blood cells decreased from 1.32 ± 0.12 T/L to 0.94 ± 0.08 T/liter. At the same time, a probable decrease in the investigated index in the blood of the fish was probable in the period from 15 to 20 days ($P \leq 0.05$) and from 20 to 25 days ($P \leq 0.01$). With the decrease of nitrite load on fish, 26 days after the start of the biofilter, due to the activation of denitrification microbes and the reduction of nitrite levels in water, the number of red blood cells in the blood increased, compared with the previous period, but did not return to the initial values even at the end of the experiment. The level of methemoglobin in the blood of rainbow trout since the start of the biofilter has increased and was directly related to the level of nitrites in the water biofilter. At the start of the biofilter, the level of methemoglobin in the blood of fish was the lowest and indicates that even low levels of nitrites in water cause the transfer of blood from a small trout of hemoglobin to the metform due to the oxidation of iron chemistry ($Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$). At the 10th day of the study, its concentration in blood, compared with the start of the biofilter, increased by 8.8%, 15 days – by 15.0%, 20 days – by 26.4%, 25 days – by 16.8%, 30 day – by 12.8% and 35 days – by 2.1%. Such changes in the content of methemoglobin in the blood may indicate an enhanced leakage in erythrocytes of oxidative reactions involving active forms of oxygen and the possible development of oxidative stress in the body.

Key words: nitrite, rainbow trout, biofilter, methaemoglobin, hypoxia, toxicity.

Динаміка змін фізіологічного стану і гематологічних показників райдужної форелі під час запуску біофільтра в установках замкненого водовикористання

Н.С. Гриневич

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

Наведено результати змін фізіологічного стану і гематологічних показників райдужної форелі у воді установок замкненого водопостачання. Показано, що під час запуску біофільтра УЗВ найбільша загибель малька райдужної форелі виникає з 16 по 20 добу досліді і становить 14,9% від усієї риби. При цьому вся жива риба плавала у верхніх шарах води, у $\approx 50\%$ риби спостерігалось нервово тремтіння тіла та плавників, вона масово підпливала до місця подавання води, у $\approx 90\%$ риби ввідмічали потемніння тіла і плавників, які були ущільнені, у $\approx 90\%$ риби колір зябер змінювався з червоного на коричневий.

З моменту запуску біофільтра і до 25 доби у крові риби знижувалася кількість еритроцитів, яка виявилася вірогідною у період з 16 по 20 добу ($P \leq 0,05$) і з 21 по 25 добу, а також вірогідно знижувався рівень гемоглобіну на 16–20 і 21–25 доби ($P \leq 0,05$).

Із запуском біофільтра в присутності малька райдужної форелі у крові риб, порівняно із початком запуску біофільтра, зростає вміст метгемоглобіну: на 6–10 добу досліді на 8,8%, 11–15 добу – на 15,0%, 16–20 добу – на 26,4%, 21–25 добу – на 16,8%, 26–30 добу – на 12,8% і 31–35 добу – на 2,1%.

Ключові слова: нітрит, райдужна форель, біофільтр, метгемоглобін, гіпоксія, токсичність.

Вступ

Вирощування риби в установках замкненого водовикористання (УЗВ) зв'язано з такими господарськими проблемами, як висока щільність посадки на одиницю площі та годівля екструдованими кормами для одержання високих приростів живої маси. Ці чинники приводять до накопичення у циркулюючій воді установок амонію, нітритів, нітратів і завислих речовин, які різною мірою впливають на здоров'я риб (Grebjenjuk and Konstantinenko, 2015). Очищення такої води в УЗВ виконують механічні барабанні фільтри і блок біологічного очищення, а також пристрої ультрафіолетової обробки води або озонування, блок терморегуляції та аератор або оксигенатор (Asi et al., 1985). Особливої уваги при розведенні райдужної форелі в УЗВ вимагає первинний запуск біофільтра, який повинен забезпечувати оптимальні умови для життя і росту риби, а також гарантувати високу якість води (Grynevych, 2016; Hrynevych and Dyman, 2016). Запуск біофільтра здійснюють двома способами, з яких один вважається пріоритетним, а другий – альтернативним. За пріоритетного варіанту запуску біофільтра проводиться нарощування у ньому необхідної маси амоніфікаторних бактерій і створення колоній нітрифікуючих бактерій з подальшим запуском риби через 3–4 тижні. Альтернативний спосіб, використовується у практиці частіше, – через швидший запуск УЗВ. За цього запуску біофільтра здійснюється разом з рибою, що веде до зростання концентрації аміаку, який перетворюється у нітриту, а далі у нітрата. Часто процес нітрифікації залишається незавершеним, що тимчасово створює надмірний фон нітриту, який в 10 разів токсичніший за нітрата (Zubina, 1967; Cherkesova and Shahnazarova, 2002; Hutyi, 2004; Nazaruk et al., 2015). Це призводить до зниження вмісту кисню у воді (Zubina, 1967; Zorriehzahra et al., 2010), утворення в тілі риби нітрозамінів, які мають високу токсичність, тератогенність і канцерогенність (Veldre and Rooma, 1990; Mazik et al., 1991; Svobodova et al., 2005; Hrynevych, 2017), а також у крові утворюється метгемоглобін (William et al., 1986; Staryk et al., 2012; Lapirova, 2016; Nazaruk et al., 2016; Huberuk et al., 2017), який візуально проявляється зміною кольору крові з червоного на коричневий (Kushakovskij, 1970; Doblender and Lackner, 1997; Tilak et al., 2002; Chezhian et al., 2012; Hrynevych, 2017). Небезпечним є той факт, що рибоводи не помічають симптомів нітритного отруєння до тих пір, поки не починається загибель риб. У науковій літературі є повідомлення

(Yamagata and Niwa, 1979; Vedel et al., 1998; Saoud et al., 2014), що навіть незначні концентрації нітриту, проникаючи через зябровий апарат, викликають метгемоглобінемію і функціональну анемію. У вказаному вище короткому літературному огляді прослідковується необхідність подальшого вивчення впливу нітритів на фізіологічний стан і гематологічні показники райдужної форелі за її утримання в УЗВ під час запуску біофільтра, що свідчать про актуальність роботи.

Мета і завдання досліджень – дослідити вплив нітритів на розвиток мальків райдужної форелі, кількість еритроцитів у крові, рівень гемоглобіну і метгемоглобіну під час запуску біофільтра УЗВ.

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом для дослідження служила вода УЗВ, яку відбирали безпосередньо з біофільтра, у якому наповнювачем слугував RK PLAST, який виготовлений із пропілену, корисна (робоча) поверхня $635 \text{ м}^2/\text{м}^3$, діаметр 15/15, вага $175 \text{ кг}/\text{м}^3$ та мальок райдужної форелі вагою 2–3 г і довжиною 5–6 см. У воді з реактора біофільтра визначали вміст нітритів за допомогою GBL-тесту. У риби кров відбирали з хвостової вени (після відрізання хвоста) тонко відтягнутою пастерівською піпеткою у пробірці з гепарином. У крові визначали кількість еритроцитів, рівень гемоглобіну і метгемоглобіну за загальноприйнятими методиками (Metodicheskie ukazaniya ..., 1999).

Увесь цифровий матеріал оброблений статистично (середні величини порівнювали за допомогою критерію Стьюдента).

Результати та їх обговорення

У попередніх повідомленнях ми відмічали, що за використання як наповнювача біофільтра керамзиту і поліпропіленових наповнювачів у воді УЗВ зростає кількість нітритів. За використання як наповнювача біофільтра керамзиту, кількість нітритів у воді реактора біофільтра почала знижуватися на 26–30-у добу від початку досліді і становила $1,4 \pm 0,1 \text{ мг}/\text{л}$ води, а поліпропіленових наповнювачів на 21–25 добу, де концентрація нітритів становила за використання наповнювача RK PLAST $1,3 \pm 0,1$, AQ-25 – $1,4 \pm 0,1$ і KALDNER K1П – $1,5 \pm 0,2 \text{ мг}/\text{л}$ води (Hrynevych, 2017). Саме тому наступні дослідження з вивчення впливу нітратів на організм малька форелі під час запуску біофільтра ми вивчали з наповнювачем RK

PLAST, за якого концентрація нітритів у воді реактора була найнижчою, а відповідно і зміни у крові форелі будуть меншими, ніж за вищих доз нітритів.

Аналіз динаміки вмісту нітритів у воді реактора під час запуску біофільтра УЗВ за використання у ньому наповнювача RK PLAST показав, що концентрація нітритів у воді реактора біофільтра зростала до 20 доби досліді (рис. 1). З 21 до 25 доби досліді концентрація нітритів у воді за використання у біофільтрі наповнювача RK PLAST знизилася на 23,4%, порівняно із попереднім періодом, далі продовжувала знижуватися і на 35 добу досліді становила $0,6 \pm$

$0,04$ мг/л води. Це свідчить, що мікробіологічні процеси, які проходять у біофільтрі, будуть забезпечувати оптимальні умови для життя і росту риби.

Динаміку вмісту нітритів у воді реактора під час запуску біофільтра УЗВ за використання у ньому поліпропіленового наповнювача RK PLAST показано на рис. 1.

Протягом запуску біофільтра і наростання у воді концентрації нітритів нами були виявлені ознаки нітритного отруєння риб, симптоми якого наведені у табл. 1.

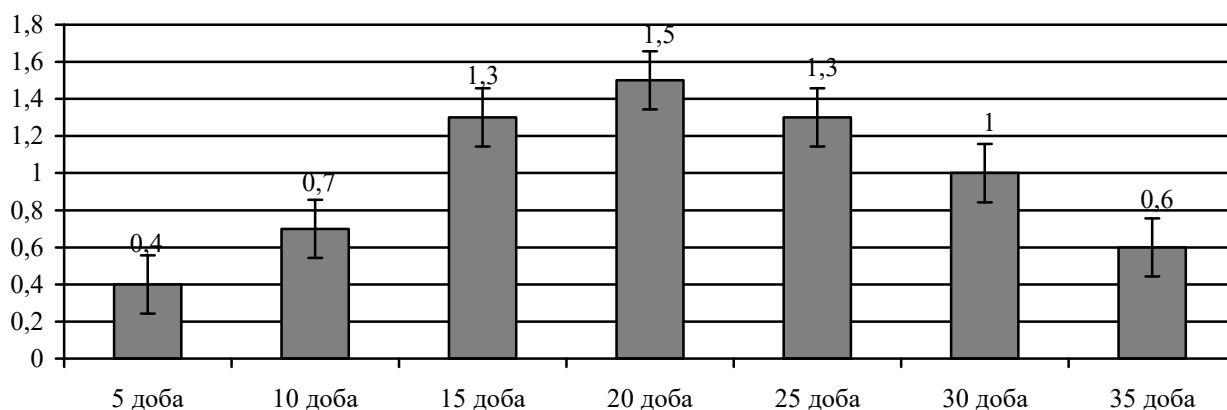


Рис. 1. Динаміка кількості нітритів у воді реактора під час запуску біофільтра УЗВ за використання у ньому поліпропіленового наповнювача RK PLAST, мг/л води

Таблиця 1

Ознаки нітритного отруєння малька райдужної форелі під час запуску біофільтра за використання у ньому поліпропіленового наповнювача RK PLAST, n = 1000

Доба досліді	Ознаки отруєння, кількість риб				Загибель, шт
	Поведінка риби	Пігментація шкіри	Колір зябер		
5 доба	ознаки отруєння відсутні, вся риба плаває у товщі води, рухлива	природна	червоний		0
10 доба	≈ 25% риби тривалий час нерухомо стоять в кутах басейну, рухливість всієї риби в цілому знижується	природна, ≈ у 10% риби потемніння тіла і плавників	природний, у окремих особин коричневий		8
15 доба	≈ 50% риби піднімається до поверхні води, із незначно вираженим нервовим тремтінням у поодиноких представників, масовий підплив до місця подавання води	≈ у 30% риби потемніння тіла і плавників, ущільнення плавників	у ≈ 30% риби коричневий		34
20 доба	вся риба плаває у верхніх шарах води, у ≈ 50% риби нервовий тремтіння тіла та плавників, масовий підплив до місця подавання води	у ≈ 90% риби потемніння тіла і плавників, плавники ущільнені	у ≈ 90% риби коричневий		149
25 доба	≈ 50% риб плаває у верхніх шарах води, а решта занурена у товщу води, рухливість слабка, ≈ у 10% риби нервовий тремтіння	у 50% риби потемніння тіла і плавників, плавники ущільнені	у ≈ 50% риби коричневий і другої частини блідо-рожевий		76
30 доба	≈ 25% риб плаває у верхніх шарах води, наростає рухливість, окремі особини залишаються на місці подавання води чи у кутах басейну	природна, у ≈ 10% риби потемніння тіла і плавників, у окремих риб плавники ущільнені	у ≈ 20% риби коричневий і решти блідо-рожевий		6
35 доба	вся риба занурюється у товщу води, рухлива	природна	Блідо-рожевий		2

Наведена динаміка розвитку нітритного отруєння вказує, що запуск біофільтра УЗВ є серйозним випробуванням для малька райдужної форелі, яке не всі риби витримують. Найбільша загибель встановлена з 16 по 20 добу досліді – 149 риб. При цьому вся жива

риба плавала у верхніх шарах води, у ≈ 50% риби спостерігалось нервовий тремтіння тіла та плавників, вона масово підпливала до місця подавання води, у ≈ 90% риби спостерігалось потемніння тіла і плавників, плавники були ущільнені, у ≈ 90% риби колір зябер

змінювався з червоного на коричневий. Із зниженням кількості нітритів у воді загибель риби знижувалася, проте протягом запуску біофільтра смертність малька форелі була досить високою і становила 27,5% від загальної кількості риби взятої для досліду. На 35 добу досліду вся риба погрузилася у товщу води, була рухливою, тіло і плавники набули природного кольору, однак зябра були блідо-рожевого кольору, що характерно для хронічного нітритного отруєння

Результати впливу нітритів на показники крові райдужної форелі під час запуску біофільтра з наповнювачем RK PLAST наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Вплив нітритів на гематологічні показники райдужної форелі під час запуску біофільтра з наповнювачем RK PLAST, n = 10

Час дослідження, доби	Кількість еритроцитів, Т/л	Рівень гемоглобіну, г/л
5	1,32 ± 0,07	68,1 ± 1,65
10	1,30 ± 0,10	65,6 ± 2,54
15	1,24 ± 0,12	62,3 ± 1,26
20	1,08 ± 0,07*	60,3 ± 2,12*
25	0,94 ± 0,05**	60,8 ± 1,52*
30	1,18 ± 0,09	64,1 ± 2,28
35	1,26 ± 0,11	67,2 ± 1,86

Примітка: * – $P \leq 0,05$ ** – $P \leq 0,01$ – порівняно з 5 днем дослідження

Встановлено, що з моменту запуску біофільтра і до 25 доби досліду в крові райдужної форелі знизилася кількість еритроцитів з 1,32 ± 0,12 Т/л до 0,94 ± 0,08 Т/л. При цьому вірогідне зниження досліджуваного показника у крові риби виявилось вірогідним у період з 15 по 20 добу ($P \leq 0,05$) і з 20 по 25 добу ($P \leq 0,01$). Зі зниженням нітритного навантаження на

рибу, через 26 діб від запуску біофільтра, внаслідок активізації мікробів денітрифікаторів і зниження рівня нітритів у воді, кількість еритроцитів у крові риби зросла, порівняно із попереднім періодом, але не повернулася до початкових величин навіть на кінець досліду. Водночас, у науковій літературі висловлюється припущення, що еритроцити райдужної форелі мають здатність до детоксикації нітритів шляхом окислення їх до нітратів і цей процес пов'язаний з окислювальним навантаженням гемоглобіну і вмістом нітритів у середовищі (Weirich et al., 1993; Opekunova, 2016).

За дослідження характеру змін рівня гемоглобіну у крові малька райдужної форелі під час запуску біофільтра з наповнювачем RK PLAST (табл. 2) нами встановлено, що його концентрація перебувала протягом всього досліду в межах 60,3 ± 2,12 – 68,1 ± 1,65 г/л. Найвищий рівень гемоглобіну був у крові на початку досліду, далі, за наростання у воді нітритів, став нижчим на 10 добу дослідження на 3,7%, 11–15 добу – на 8,5%, 20 добу – на 11,5% ($P \leq 0,05$), 25 добу – на 10,7% ($P \leq 0,05$), 30 добу – на 5,9% і 35 добу – на 1,3%. Такі зміни рівня гемоглобіну у крові малька райдужної форелі обумовлені як дією нітритів, так і віком риби, за якого кількість гемоглобіну зростає, про що вказує Н.Ф. Зубина (Hrynevych and Dyman, 2016).

До основних процесів токсичного ураження риби нітритами належить метгемоглобіноутворення, що проявляється високим рівнем метгемоглобіну в крові (Doblender and Lackner, 1997). Динаміка кількості метгемоглобіну в крові райдужної форелі під час запуску біофільтра УЗВ за використання у ньому поліпропіленового наповнювача RK PLAST наведена на рис. 2.

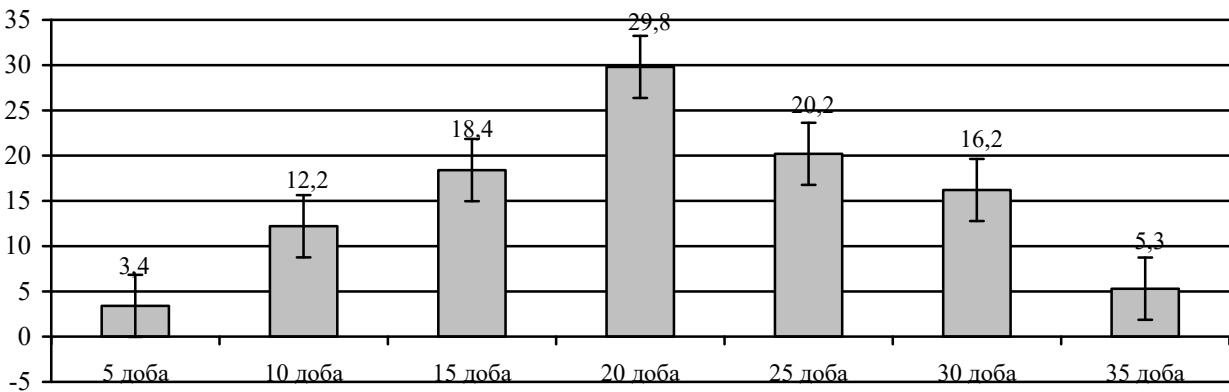


Рис. 2. Динаміка кількості метгемоглобіну в крові райдужної форелі під час запуску біофільтра УЗВ за використання у ньому поліпропіленового наповнювача RK PLAST, %

З аналізу даних наведених на вищевказаному рисунку, видно, що рівень метгемоглобіну в крові райдужної форелі з моменту запуску біофільтра зростає і перебуває у прямій залежності з рівнем нітритів у воді біофільтра. На початку запуску біофільтра рівень метгемоглобіну у крові риби був найнижчим, і свідчить про те, що навіть низькі кількості нітритів у воді викликають перехід у крові малька форелі гемоглобіну в

метформу, внаслідок окислення заліза гему ($Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$). На 10 добу дослідження його концентрація у крові, порівняно із початком запуску біофільтра, зросла на 8,8%, 15 добу – на 15,0%, 20 добу – на 26,4%, 25 добу – на 16,8%, 30 добу – на 12,8% і 35 добу – на 2,1%. Такі зміни вмісту метгемоглобіну у крові можуть свідчити про посилене протікання в еритроцитах окислювальних реакцій за участю активних форм

кисню і про можливість розвитку в організмі окиснювального стресу (Kushakovskij, 1970; Hutyi, 2004; Martyshuk et al., 2016; Khariv et al., 2016; Gutyj et al., 2017).

Висновки

1. Під час запуску біофільтра УЗВ найбільша загибель малька райдужної форелі виникає з 16 по 20 добу досліду і становить 14,9% від усієї риби. При цьому вся жива риба плавала у верхніх шарах води, у $\approx 50\%$ риби спостерігалось нервово тремтіння тіла та плавників, вона масово підпливала до місця подавання води, у $\approx 90\%$ риби спостерігалось потемніння тіла та плавників, плавники були ущільнені, у $\approx 90\%$ риби колір зябер змінювався з червоного на коричневий.

2. З моменту запуску біофільтра і до 25 доби у крові риби знижувалась кількість еритроцитів, яка виявилась вірогідною у період з 16 по 20 добу ($P \leq 0,05$) і з 21 по 25 добу, а також вірогідно знижувався рівень гемоглобіну на 16–20 і 21–25 добу ($P \leq 0,05$).

3. Із запуском біофільтра в присутності малька райдужної форелі у крові риб, порівняно із початком запуску біофільтра, зростає вміст метгемоглобіну: на 10 добу досліду на 8,8%, 15 добу – на 15,0%, 120 добу – на 26,4%, 25 добу – на 16,8%, 30 добу – на 12,8% і 35 добу – на 2,1%.

References

- Asi, A.A., Relve, P.F., & Herem, X.-Ja.Je. (1985). Opredelenie optimal'noj proizvoditel'nosti rybovodnoj ustanovki s zamknutym ciklom vo-dooobespechenija. Industrial'noe rybovodstvo v zamknutyh siste-mah: sb. nauch. trudov. M.: VNIIPRH, 10–14 (in Russian).
- Cherkesova, D.U., & Shahnazarova, A.B. (2002). Toksicheskoe vozdejstvie nitritov na organizm ryb v Stavropol'skom krae. Kavkazskij ornitologicheskij vestnik. 14, 108–111 (in Russian).
- Chezian, A., Senthamilselvan, D., & Kabilan, N. (2012). Histological changes induced by ammonia and pH on the gills of fresh water fish *Cyprinus carpio var. communis* (Linnaeus). Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 7, 588–596. doi: 10.3923/ajava.2012.588.596
- Doblender, C., & Lackner, R. (1997). Oxidation of nitrite to nitrate in isolated erythrocytes :A possible mechanism for adaptation to environmental nitrite. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 54(1), 157–161. doi: 10.1139/f96-254
- Grebenjuk, T.V., & Konstantinenko, G.V. (2015). Metodi ochistki vodi na ribovodnih pidpriemstvah v umovah viroshhuvannja ribi v ustanov-kah zamknutogo vodopostachannja. Visnik NTUU «KPI». 28, 110–114 (in Russian).
- Grynevych, N. (2016). Osoblyvosti vykorystannia biofiltriv z riznymy typamy napovniuvacha v ustanovkakh zamknutoho vodopostachannia v akvakulturi [Features of biofilters with defferent types of filler plants in closed water acuaculture]. Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj. 18, 3(70), 57–61 (in Ukrainian) doi: 10.15421/nvlvet7013.
- Gutyj, B., Leskiv, K., Shcherbatyy, A., Pritsak, V., Fedorovych, V., Fedorovych, O., Rusyn, V., & Kolomiets, I. (2017). The influence of Metisevit on biochemical and morphological indicators of blood of piglets under nitrate loading. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 8(3), 427–432. doi: 10.15421/021766
- Gutyj, B., Nazaruk, N., Levkivska, A., Shcherbatyj, A., Sobolev, A., Vavrysevych, J., Hachak, Y., Bilyk, O., Vishchur, V., & Guta, Z. (2017). The influence of nitrate and cadmium load on protein and nitric metabolism in young cattle. Ukrainian Journal of Ecology, 7(2), 9–13. doi: 10.15421/2017_14
- Hrynevych, N.Ie. (2017). Vmist nityfikuiuchykh orhanizmiv u vodi reaktora biofiltra ustanovky zamknutoho vodopo-stachannia za vykorystannia riznykh typiv napovniuvacha. Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho. 19(82), 184–187 (in Ukrainian).
- Hrynevych, N.Ye. (2017). Mikroorhanizmy protsesiv nitrohennoho tsykladu u vodi reaktora biofiltra v ustanovkakh za-mknutoho vodopostachannia za vykorystannia riznykh napovniuvachiv. Naukovyi visnyk veterynarnoi medytsyny. 1(133), 131–136 (in Ukrainian).
- Hrynevych, N.Ye., & Dyman, T.M. (2016). Sezonnii zminy hidrokhimichnykh pokaznykiv vody za vykorystannia ustanovok zamknutoho vodopostachannia dlia vyroshchuvannia raiduzhnoi foreli. Nauko-vyi visnyk veterynarnoi medytsyny. 2(130), 33–39 (in Ukrainian).
- Huberuk, V., Gutyj, B., Gufriy, D., Binkevych, V., Hariv, I., Binkevych, O., & Salata, R. (2017). Impact of antioxidants on enzym activities of glutathione system of bulls bodies antioxidant defense under acute nitrate and nitrite toxicity. Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj, 19(77), 220–224.
- Hutyi, B.V. (2004). Do metodyky vyvchennia vplyvu nitrativ na stan antyoksydantnoi systemy bychkiv. Naukovyi visnyk Lvivskoi natsionalnoi akademii veterynarnoi medytsyny imeni S.Z. Gzhytskoho. 2, 48–52.
- Khariv, M., Gutyj, B., Butsyak, V., & Khariv, I. (2016). Hematolohichni pokaznyky orhanizmu shchuriv za umov oksydatsiinoho stresu ta za dii liposomal'noho preparatu [Hematological indices of rat organisms under conditions of oxidative stress and liposomal preparation action]. Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University, 6(1), 276–289 (in Ukrainian). doi: 10.15421/201615
- Kushakovskij, M.S. (1970). Metgemoglobinemii. Spravochnik po funkcional'noj diagnostike. Medicina, 423–427 (in Russian).
- Lapirova, T.B. (2016). Vlijanie nitrit-ionov na nekotorye pokazateli krovi plotvy (Rutilus rutilus L.) pri kratkorochnom vozdejstvii. Voda: himija i jekologija. 2, 83–87 (in Russian).
- Martysjuk, T.V., Gutyj, B.V., & Vishchur, O.I. (2016). Level of lipid peroxidation products in the blood of rats under the influence of oxidative stress and under the action of liposomal preparation of «Butaselmevit», Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol

- State Pedagogical University. 6 (2), 22–27. doi: 10.15421/201631
- Mazik, P.M., Hinman, M.L., Winkelmann, D.A., Klaine, S.J., Simco, B.A., & Parker N.C. (1991). Influence of Nitrite and Chloride Concentrations on Survival and Hematological Profiles of Striped Bass. *Transactions of the American Fisheries Society*. 120(2), 247–254. doi: 10.1577/1548-8659(1991)120<0247:IONACC>2.3.CO;2
- Metodicheskie ukazaniya po provedeniju gematologicheskogo obsledovaniya ryb (1999). M.: Minsel'hozprod (in Russian).
- Nazaruk, N.V., Gutyj, B.V., & Gufrij, D.F. (2015). Vplyv metifenu ta vitamixsu se na aktyvniat' aminotferaz syrovatky krovi bychkiv za nitratno–kadmijevogo navantazhennja. *Naukovyj visnyk L'vivskogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotehnologij im. G'zhyc'kogo*. 17, 1(1), 121–126 (in Ukrainian).
- Nazaruk, N.V., Hutyi, B.V., Murska, S.D., & Hufrii, D.F. (2016). Vplyv metifenu ta vitamixsu SE na riven vitaminiv A i E u krovi bychkiv za nitratno-kadmiievoho navantazhennja. *Visnyk Sumskoho ahrarnoho universytetu. Serii «Veterynarna medycyna»*. 6(38), 27–30 (in Ukrainian).
- Opekunova, M.G. (2016). *Bioindikacija zagrjaznenij: ucheb. Posobie.* – SPb. – Izd-vo S.-Peterb. un-ta.
- Saoud, I., Naamani, S., Ghanawi, J., & Nasser, N. (2014). Effects of Acute and Chronic Nitrite Exposure on Rabbitfish *Siganus rivulatus* Growth, Hematological Parameters, and Gill Histology. *J Aquac Res Development*. 5(6), 263. doi:10.4172/2155-9546.1000263
- Staryk, L.I., Gutyj, B.V., Vasiv, R.O., Gufrij, S.D., & Murska, D.F. (2012). Vplyv sukupnogo vvedennja pirydoksynu gidrohlorydu z askorbinovoju kyslotoju na biohimichni ta morfologichni pokaznyky krovi bychkiv pry gostromu nitratno-nitrytnomu toksykozi. *Naukovyj visnyk L'vivskogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotehnologij im. G'zhyc'kogo*. 14, 2(1), 306–312 (in Ukrainian).
- Svobodova, Z., Machova, J., Poleszczuk, G., Hjada, J., Hamaakova, J., & Kroupova, H. (2005). Nitrite Poisoning of Fish in Aquaculture Facilities with Water-recirculating Systems. *Acta Veterinaria Brno*. 74, 129–137. doi: 10.2754/avb200574010129
- Tilak, K.S., Lakshmi, S.J., & Susan, T.A. (2002). The toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to the fish, *Catla catla* (Hamilton). *Journal of environmental biology*. 23(2), 147–149.
- Vedel, N.E., Korsgaard, B., & Jensen, F. (1998). Isolated and combined exposure to ammonia and nitrite in rainbow trout: effects on electrolyte status, blood respiratory properties and brain glutamine/glutamate concentrations. *Aquatic Toxicology*. 41(4), 325–342. doi: 10.1016/S0166-445X(97)00071-4
- Veldre, I.A., & Rooma, M.Ja. (1990). Toksicheskoe dejstvie nitritov na ryb. *Jekologija*. 1, 71–73 (in Russian).
- Weirich, C.R., Tomasso, J.R., & Smith, T.I.J. (1993). Toxicity of Ammonia and Nitrite to Sunshine Bass in Selected Environments. *Journal of Aquatic Animal Health*. 5(1), 64–72. doi: 10.1577/1548-8667(1993)005<0064:TOAANT>2.3.CO;2
- William, M., Lewis, Jr., & Morris, D. (1986). Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transactions of the American Fisheries Society*. 111, 183–195. doi: 10.1577/1548-8659(1986)115<183:TONTF>2.0.CO;2
- Zorriehzahra, M.J., Hassan, M.D., Gholizadeh, M., & Saidi, A.A. (2010). Study of some hematological and biochemical parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry in western part of Mazandaran province, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 9(1), 185–198. <http://jifro.ir/article-1-32-en.html>
- Zubina, N.F. (1967). Dinamika nakoplenija gemoglobina v ontogeneze raduzhnoj foreli. *Obmen veshhestv i biohimija ryb*, 171–176 (in Russian).
- Yamagata, Y., & Niwa, M. Nitrite toxicity to eels. *Aquaculture*. 27(1), 5–11