

ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА СТАД ДВОХ ВИДІВ ТОВСТОЛОБИКІВ ТОВ «АГРОФІРМА «КОЛОС»»

І.М. Стецюк
аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: Stetsyukinna8513@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8392-6527>

Н.О. Борисенко

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут рибного господарства НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: B_natalia@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5031-5682>

А.Е. Маріуца

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
Інститут рибного господарства НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: mariutsal6@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5678-2660>

Вивчено алельний і генотиповий склад стад білого та строкатого товстолобиків ТОВ «Агрофірма «Колос»» (Київська область). Для детекції молекулярно-генетичних маркерів використано метод електрофорезу в поліакріламідному гелі із гістохімічним фарбуванням і наступним генотипуванням проб за трьома найбільш мінливими білками крові: трансферином, альбуміном та естеразою. Кількість риб трілітнього віку, яких було використано для взяття проб крові на генетичні дослідження, становила по 20 екземплярів для кожного виду товстолобиків. Проведено розрахунки частот алелів і генотипів, фактичної і очікуваної гетерозиготності та індексів фіксації. За результатами дослідження виявлено переважання в стадах обох видів риб гетерозиготних генотипів над гомозиготними за всіма трьома дослідженими локусами. Найвищий рівень гетерозиготності було встановлено за локусом трансферину (98 % — у білого товстолобика і 66,2 % — у строкатого товстолобика), найнижчий — за локусом альбуміну (65 % — у білого товстолобика і 50,8 % — у строкатого товстолобика). У стаді білого товстолобика знайдено за локусами трансферину й естерази незначний надлишок гетерозиготних особин. Для строкатого товстолобика такий надлишок виявлено лише в локусі трансферину. Виявлено вплив інбридингу на формування генетичної структури стад обох видів товстолобиків. Для запобігання негативного впливу інбридингу рекомендовано використовувати високу генетичну мінливість стад для гетерогенного відбору риб у племінних цілях і проводити періодичний генетичний моніторинг поголів'я.

Ключові слова: білий товстолобик, строкатий товстолобик, алелі, генотип, гетерозиготність, інбридинг.

ВСТУП

Рослиноідні риби далекосхідного річкового іхтіокомплексу є цінними об'єктами аквакультури і промислового рибальства на внутрішніх водоймах України [1; 6]. Введення білого та строкатого товстолобиків і білого амура у склад ставової полікультури сприяло значному підвищенню економічної ефективності рибницьких підприємств, особливо з використанням ресурсощадних технологій [2; 4].

Протягом останніх років спостерігається погіршення якості племінного матеріалу рослиноідних риб, пов'язане із низькою ефективністю селекційно-племінної роботи на рибогосподарських підприємствах України [3; 8]. Для вирішення проблеми необхідно дотримуватися вимог щодо ведення селекційно-племінної роботи з рослиноідними рибами та забезпечити

дієвий контроль стану гетерогенності стад цих цінних об'єктів рибництва й рибальства.

Мета роботи — вивчити та проаналізувати генетичну структуру стад білого і строкатого товстолобиків у ТОВ «Агрофірма «Колос»» Київської області з використанням генетико-біохімічних маркерів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінку рівня селекційної роботи з об'єктом культивування проводять на підставі визначення ступеня генетичної мінливості стад цього об'єкта. У випадку рослиноідних риб дослідження цього показника є особливо важливим, адже для інтродукції цих риб у водойми України було використано порівняно невелику кількість вихідного матеріалу [4; 8].

Важке становище племінних стад білого і строкатого товстолобиків ускладнює той

факт, що у маточних стадах низки підприємств ставового рибництва зустрічаються гібриди товстолобиків, як наслідок неконтрольованого використання гібридів цих риб у якості посадкового матеріалу для зариблення рибогосподарських водойм та наступного відбору статевозрілих особин цих риб із промислових уловів без належного контролю генетичної чистоти виду [5].

Ефективність практичного використання біопродукційного потенціалу рослиноїдних риб можна забезпечити шляхом формування та належного утримання чистопородних племінних стад білого і строкатого товстолобиків, із періодичним моніторингом генетичної чистоти племінного поголів'я риб і рівня гетерогенності їхніх стад.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах рибогосподарської ділянки ТОВ «Агрофірма «Колос»» відібрано проби крові в трілітків білого (*Hypophthalmichthys molitrix*) ($n=20$) і строкатого (*Aristichthys nobilis*) ($n=20$) товстолобиків. Відбір крові в риб із хвостової вени проводили шприцем, прижиттєво. Відібрані зразки крові поміщали в пластикові пробірки з гепарином. Проби центрифугували протягом 10 хвилин зі швидкістю 3 тис. обертів/хв. Фракції крові фасували в окремі пробірки з кришками і зберігали за температури -20°C .

Аналіз генетичної структури стад білого і строкатого товстолобиків проводили за трьома найбільш мінливими генетико-біохімічними

маркерами — локусами трансферину (Tf), альбуміну (Alb) та естерази (Est). Було використано метод електрофорезу в поліакриламідному гелі подальшим фарбуванням і генотипуванням проб [5; 7; 9].

Визначення ступенів генетичної диференціації стад товстолобиків проводили за частотою алелів і генотипів, фактичною (H_o) та очікуваною (H_s) гетерозиготністю. Генетичну диференціацію та мінливість визначали за допомогою методу ISSR-PCR [7]. Ступінь інбредності стад товстолобиків оцінювали за величиною індексу фіксації (F_{is}) [10].

Математичну обробку цифрових матеріалів виконували за допомогою комп'ютерної програми «Biosys-1».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З метою вивчення генетичних особливостей генетичної структури стад білого та строкатого товстолобиків ТОВ «Агрофірма «Колос»» було проведено аналіз розподілу алелів і генотипів за електрофоретичними варіантами окремих білкових систем, а саме: трансферину (Tf), альбуміну (Alb) та естерази (Est) (табл. 1).

У результаті порівняльного аналізу генетичної структури стад білого і строкатого товстолобиків нами встановлено специфічні особливості за частотою алелів досліджених локусів. Так, у стаді білого товстолобика виявлено три алельні форми за локусом трансферину: Tf A, Tf B, Tf C. Найбільшою була частота алельного варіанту Tf C (табл. 1), яка

Таблиця 1

Розподіл алельних частот, очікуваних і фактичних генотипів
у стаді білого товстолобика за досліджуваними локусами

Локус	Алелі	Частота	Генотипи	Кількість генотипів	
				наявна	очікувана
Tf	A	0,275	AA	0	1,410
			AB	3	3,385
			AC	8	4,795
	B	0,300	BB	0	1,692
			BC	9	5,231
	C	0,425	CC	0	3,487
Est	F	0,575	FF	3	6,487
			FS	17	10,026
	S	0,425	SS	0	3,487
Alb	A	0,575	AA	5	6,487
			AB	13	10,026
	B	0,425	BB	2	3,487

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

становила 0,425, найменшою — Tf A (0,275). Аналіз генотипів показав, що із 6 можливих наявні лише 3, найбільшою частотою серед яких виділявся гетерозиготний генотип BC, частка наявності якого становила майже половину загальної кількості проб генетичного матеріалу, а саме — 45%. Генотипи AA, BB, і CC у пробах досліджуваного масиву риб були відсутні.

За локусом Est у стаді білого товстолобика виявлено два алельні варіанти — F і S. У відібраних пробах частіше зустрічався алель F із низькою молекулярною масою. Присутні два з трьох можливих генотипів: FF і FS. Гомозиготний генотип SS був відсутній. Гетерозиготний генотип FS за частотою наявності (85%) значно переважав гомозиготний варіант FF (15%).

За локусом Alb у стаді білого товстолобика частота обох алельних варіантів помітно не відрізняється і становить Alb A — 0,575 та Alb B — 0,425. Аналіз генотипів показав, що із 3-х можливих наявні всі 3, із найбільшою частотою у гетерозиготного генотипу AB, частка наявності якого становила значно більше половини загальної кількості проб, а саме — 65%. Менші частоти наявності встановлено для у гомозиготних генотипів: AA — 25% і BB — 10%.

У досліджуваному стаді строкатого товстолобика за локусом трансферину також було виявлено три алельні форми: Tf A, Tf B, Tf C (табл. 2).

Як видно з табл. 2, у стаді строкатого товстолобика, на відміну від стада білого товстолобика, найбільшою частотою відрізнявся алельний варіант Tf A (0,450), найменшою —

Tf C (0,250). Аналіз генотипів показав, що із 6-ти можливих у строкатого товстолобика, як і в білого товстолобика, наявно лише 3, із найбільшою частотою наявності гетерозиготного генотипу AB — 50%. Гомозиготні генотипи AA, BB, і CC у складі досліджених проб генетичного матеріалу були відсутні.

За локусом Est у стаді строкатого товстолобика виявлено алельні варіанти F і S, з однаковою частотою для обох алелей (0,500) становила однакові значення (табл. 3). На відміну від стада білого товстолобика, у стаді строкатого товстолобика присутні всі три можливі генотипи (FF, FS і SS), із значним переважанням гетерозиготного генотипу FS, частота наявності якого становила 60%. Решта два гомозиготні генотипи були присутні в дослідженому масиві проб з однаковою частотою — по 20% кожна.

За локусом Alb у групі строкатого товстолобика частота обох алельних варіантів суттєво не відрізняється і становить для Alb A 0,550, а для Alb B — 0,450. Аналіз генотипів за цим локусом встановив присутність усіх трьох із числа можливих, із найбільшою частотою наявності гетерозиготного генотипу AB — 70%. Гомозиготні генотипи AA і BB у масиві досліджених проб генетичного матеріалу становили меншість — 20% і 10% відповідно.

За розподілом фактичних генотипів до очікуваних, згідно із законом Харді–Вайнберга, у стаді білого товстолобика встановлено незначний надлишок гетерозиготних особин за локусами Tf та Est — $\chi^2=11,492$ і $\chi^2=10,213$, відповідно (табл. 3).

Таблиця 2

Розподіл алельних частот, очікуваних і фактичних генотипів у стаді строкатого товстолобика за досліджуваними локусами

Локус	Алелі	Частота	Генотипи	Кількість генотипів	
				наявна	очікувана
Tf	A	0,450	AA	0	3,923
			AB	10	5,538
			AC	8	4,615
	B	0,300	BB	0	1,692
			BC	2	3,077
	C	0,250	CC	0	1,154
Est	F	0,500	FF	4	4,872
			FS	12	10,256
	S	0,500	SS	4	4,872
Alb	A	0,550	AA	4	5,923
			AB	14	10,154
	B	0,450	BB	2	3,923

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Таблиця 3

Співвідношення фактичної чисельності генотипів у стадах білого та строкатого товстолобиків до очікуваної, згідно із законом Харді–Вайнберга

Локус	Вид риби			
	Білий товстолобик		Строкатий товстолобик	
	d.f.	χ^2	d.f.	χ^2
Tf	3	11,492*	3	13,222*
Est	1	10,213	1	0,608
Alb	1	1,858	1	3,024

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Таблиця 4

Рівні фактичної та очікуваної гетерозиготності за досліджуваними локусами в білого та строкатого товстолобиків

Локус	Вид риби			
	Білий товстолобик		Строкатий товстолобик	
	H_o	H_s	H_o	H_s
Tf	0,980	0,671	0,662	0,800
Est	0,850	0,501	0,513	0,600
Alb	0,650	0,501	0,508	0,700
He	0,544	0,558	0,547	0,561
S. E.	0,055	0,056	0,049	0,050

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

На відміну від білого товстолобика, у стаді строкатого товстолобика виявлено надлишок гетерозиготних особин лише за локусом Tf — $\chi^2=13,222$.

За даними аналізу рівнів фактичної та очікуваної гетерозиготності найвищий рівень гетерозиготності в стаді білого товстолобика встановлено для локусу Tf — 98%, найменший (65%) — для локусу Alb (табл. 4).

Як видно з матеріалів табл. 4, у стаді строкатого товстолобика, як і у білого товстолобика, найбільш мінливим з усіх досліджених був локус Tf (66,2%), а найменш мінливим — локус Alb (50,8%).

Фактичний і очікуваний рівні середньої гетерозиготності за локусами у обох видів риб помітно не відрізнялися і становили для білого товстолобика 54,4%, за очікуваного рівня 55,8%, та 54,7% у строкатого товстолобика, за очікуваного рівня 56,1%.

Аналіз рівня середньої гетерозиготності генотипів білого і строкатого товстолобиків рибного господарства ТОВ «Агрофірма «Колос»» за дослідженими локусами трьох білкових систем дає підставу для висновку про значну гетерогенність стад обох видів риб, яка, в свою

чергу, свідчить про високий рівень генетичної мінливості цих стад.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано генетичну структуру стад білого та строкатого товстолобиків ТОВ «Агрофірма «Колос»» Київської області за трьома поліморфними генетико-біохімічними маркерами: локусами трансферину (Tf), альбуміну (Alb) та естерази (Est).

Встановлено особливості розподілу алельних варіантів за частотою їх наявності в стадах обох видів риб. У стаді білого товстолобика виявлено три алельні форми за локусом Tf (A, B і C), по дві — за локусами Est (F і S) і Alb (A і B). З 3-х наявних генотипів за локусом Tf найбільшою частотою виділявся гетерозиготний генотип BC (45%). Гомозиготні генотипи AA, BB, і CC були відсутні. Аналогічну картину щодо кількості алельних форм і наявних генотипів за локусом Tf спостерігали і у стаді строкатого товстолобика, частота гетерозиготного генотипу BC якого становила 50% за повної відсутності гомозиготних варіантів AA, BB, і CC.

За локусом Est у обох видів товстолобиків виявлено два алельні варіанти — F і S. У стаді

білого товстолобика було знайдено два генотипи (FF і FS), із домінуванням за частотою наявності (85%) у гетерозиготного генотипу FS. У строкатого товстолобика встановлено три генотипи з трьох можливих (FF, SS і FS), із найбільшою частотою наявності останнього (60%).

Локус Alb в обох видів товстолобиків представлений двома алелями — А і В, із трьома можливими варіантами генотипів (AA, BB і AB) та переважанням гетерозиготного генотипу АВ: 65% наявності в стаді білого товстолобика і 70% — у строкатого товстолобика.

Встановлено незначний надлишок гетерозиготних особин у стаді білого товстолобика за локусами Tf та Est — $\chi^2=11,492$ і $\chi^2=10,213$, відповідно. Для строкатого товстолобика такий надлишок виявлено лише в локусі Tf ($\chi^2=13,222$).

Найвищий рівень гетерозиготності стад білого і строкатого товстолобиків встановлено за локусом Tf — 98% та 66,2% відповідно, а найменший — за локусом Alb: (65% і 50,8%). Фактичний і очікуваний рівні середньої гетерозиготності стад за трьома дослідженими локусами становили: у білого товстолобика 54,4% і 55,8%, у строкатого товстолобика — 54,7 і 56,1% відповідно, що свідчить про високий рівень генетичної мінливості стад цих видів риб.

Отже, проведені дослідження свідчать про значний вплив інбридингу на генетичну структуру стад білого і строкатого товстолобиків ТОВ «Агрофірма «Колос»». Наявність високого рівня генетичної мінливості обох видів товстолобиків створює можливості для ведення ефективної селекційної роботи, за умови періодичного моніторингу рівня гетерогенності стад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алимов С.І., Третяк О.М., Коваленко В.О., Пристайчук П.Б. Підвищення ефективності ресурсоощадних технологій ставового рибництва в Україні. *Рибне господарство: міжвідомч. тематич. наук. зб.* Вип. 63. С. 3–6. К.: Аграрна наука, 2004.
2. Гринжевський М.В., Шерман І.М., Грициняк І.І. та ін. Організація селекційно-плеєнної роботи в рибництві. Київ: Рибка моя, 2006. 352 с.
3. Коваленко В.О. Проблеми та перспективи розвитку плеєнної справи у рибництві України. *Рибне господарство: міжвідомч. тематич. наук. зб.* Вип. 64. С. 25–30. К.: Аграрна наука, 2005.
4. Чемерис В.А., Душка В.І., Максим В.Л. Стан та перспективи розвитку аквакультури в Україні. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2 (69). С. 169–175.
5. Тарасюк С.І., Бех В.В., Нагорнюк Т.А., Рекрут С.В. Проведення генетичної експертизи плідників коропа: метод. рекомендації. К.: ЦНТЕІ, 2011. 22 с.
6. Залюло О.В., Маріуца А.Е., Тарасюк С.І. Особливості генетичної структури популяції українських рамчастих коропів Лиманського ДВСРП Харківської області. *Наук.-техн. бюл. Ін-ту біології тварин та Держ. н.-д. контрол. ін-ту ветпрепаратів та корм. добавок*. 2012. Вип. 13. № 3/4. С. 289–293.
7. Тарасюк С.І., Грициняк І.І. Молекулярно-генетичні дослідження в рибництві. К.: Аграрна наука, 2013. 310 с.
8. Нагорнюк Т.А. Особливості генетичної структури різновікових груп білого товстолобика. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2014. Вип. 7 (26). С. 51–54.
9. Davis B. J. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1964. V. 121. P. 404–408.
10. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*. 1978. V. 89. P. 583–590.

GENETIC STRUCTURE OF THE HERDS OF TWO BIGHEAD CARP SPECIES IN AGROFIRM KOLOS PLC

Stetsiuk I.

Postgraduate Student,
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: Stetsyukinna8513@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8392-6527>

Borysenko N.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow,
Institute of Fisheries of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: B_natalia@i.ua;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5031-5682>

Mariutsa A.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow,
Institute of Fisheries of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: mariutsa16@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5678-2660>

The allelic and genotypic composition of herds of silver carp and bighead carp of Agrofirma Kolos PLC (Kyiv region) was studied. The method of electrophoresis in a polyacrylamide gel with histochemical staining and subsequent genotyping of samples according to the three most variable blood proteins: transferrin, albumin, and esterase is used to detect molecular genetic markers. The number of three-year-old fish that were used to take blood samples for genetic research was 20 specimens for each species of fishes. The frequency of alleles and genotypes, actual and expected heterozygosity, and fixation indices were calculated. According to the results of the study, the predominance of heterozygous genotypes over homozygous genotypes at all three studied loci was found in the herds of both types of fish. The highest level of heterozygosity was established at the transferrin locus (98% in silver carp and 66.2% in bighead carp), the lowest was at the albumin locus (65% in silver carp and 50.8% in bighead carp). A slight excess of heterozygous individuals was found for transferrin and esterase loci in the herd of silver carp. For the bighead carp, this was found only in the transferrin locus. The influence of inbreeding on the formation of the genetic structure of herds of both species of fishes was revealed. To prevent the negative impact of inbreeding, it is recommended to use the high genetic variability of herds for the heterogeneous selection of fish for breeding purposes and to carry out cyclic genetic monitoring of the stock.

Keywords: silver carp, bighead carp, alleles, genotype, heterozygosity, inbreeding.

REFERENCES

1. Alymov, S.I., Tretiak, O.M., Kovalenko, V.O., Prystaichuk, P.B. (2004). Pidvyshchennia efektyvnosti resursooshchadnykh tekhnolohii stavovoho rybnystva v Ukraini [Increasing the efficiency of resource-saving technologies of pond fish farming in Ukraine]. *Rybnе hospodarstvo: mizhvidomch. tematych. nauk. zb. — nterdepartmental thematic scientific collection*, 63, 3–6. K.: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Hrynzhevskiy, M.V., Sherman, I.M., Hrytsyniak, I.I. et al. (2006). *Orhanizatsiia selektsiino-pleminnoi roboty v rybnystvi [Organization of selection and breeding work in fish farming]*. Kyiv: Rybka moia [in Ukrainian].
3. Kovalenko, V.O. (2005). Problemy ta perspektyvy rozvytku plemynnoi spravy u rybnystvi Ukrainy [Problems and prospects for the development of tribal government in the Ukrainian region]. *Rybnе hospodarstvo: mizhvidomch. tematych. nauk. zb. — nterdepartmental thematic scientific collection*, 64, 25–30. K.: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
4. Chemerys, V.A., Dushka, V.I., Maksym, V.L. (2016). Stan ta perspektyvy rozvytku akvakultury v Ukraini [State and prospects of aquaculture development in Ukraine]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho — Scientific bulletin of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv*, vol. 18, no. 2 (69), 169–175 [in Ukrainian].
5. Tarasiuk, S.I., Bekh, V.V., Nahorniuk, T.A., Rekrut, S.V. (2011). *Provedennia henetychnoi ekspertyzy plidnykiv koropa: metod. rekomendatsii [Carrying out a genetic examination of carapaces: methodical recommendations]*. K.: TsNTEI [in Ukrainian].
6. Zaloilo, O.V., Mariutsa, A.E., Tarasiuk, S.I. (2012). Osoblyvosti henetychnoi struktury populatsii ukrainskykh ramchastykh koropiv Lymanskoho DVSRP Kharkivskoi oblasti [Peculiarities of the genetic structure of Ukrainian frame carp populations of the Liman SPAFE of the Kharkiv region]. *Nauk.-tekhn. biul. In-tu biolohii tvaryn ta Derzh. n.-d. kontrol. in-tu vetpreparativ ta korm. dobavok. — Scientific and technical bulletin. Institute of Animal Biology and the State Scientific and Research Control Institute of Veterinary Preparations and Feed Additives*, issue 13, no. 3/4, 289–293 [in Ukrainian].
7. Tarasiuk, S.I., Hrytsyniak, I.I. (2013). *Molekuliarno-henetychni doslidzhennia v rybnystvi [Molecular genetic research in medicine]*. K.: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
8. Nahorniuk, T.A. (2014). Osoblyvosti henetychnoi struktury riznovikovykh hrup biloho товстолобыка [Features of the genetic structure of different age groups of white silver carp]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya "Tvarynnytstvo" — Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Animal Husbandry Series*, 7 (26), 51–54 [in Ukrainian].
9. Davis, B.J. (1964). Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 121, 404–408 [in English].
10. Nei, M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89, 583–590 [in English].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Стецюк Інна Михайлівна, аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: Stetsyukinna8513@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8392-6527>)

Борисенко Наталія Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут рибного господарства НААН (вул. Обухівська, 135, м. Київ-164, Україна, 03164; e-mail: B_natalia@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5031-5682>)

Маріуца Алла Егравівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут рибного господарства НААН (вул. Обухівська, 135, м. Київ-164, Україна, 03164; e-mail: mariutsa16@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5678-2660>)