

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 597.551.2

І. І. АБРАМ'ЮК, С. О. АФАНАСЬЄВ, М. Т. ПРИМАЧОВ

Інститут гідробіології НАН України
пр-т. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

ОСОБЛИВОСТІ ПЛАВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ РАННЬОЇ МОЛОДІ КОРОПОВИХ РИБ У ЗВ'ЯЗКУ З ФОРМОЮ ЇХ ТІЛА

Встановлено, що ранні личинки коропових риб (плітка, *Rutilus rutilus* (L.); краснопірка, *Scardinius erythrophthalmus* (L.); верховодка, *Alburnus alburnus* (L.); плоскирка, *Blicca bjoerkna* (L.); гірчак, *Rhodeus amarus* (Bloch); короп, *Cyprinus carpio* L.) характеризуються близькими показниками максимальної швидкості плавання, що пов'язано зі схожістю форми їх тіла. У процесі перетворення у мальків молодь набуває характерних для свого виду пропорцій, що обумовлює різницю у їх максимальній швидкості плавання: швидшою є молодь з видовженою формою тіла (верховодка, плітка), повільнішою – округла молодь коропа та гірчака.

Ключові слова: максимальна швидкість плавання, личинки, мальки, коропові риби, форма тіла

Розвиток промисловості та зростаючі потреби у водопостачанні та електроенергії останнім часом призвели до зарегулювання більшості річок світу [12], у каскади ставків перетворені безліч малих річок [4]. Це створює серйозні перешкоди як для нерестових міграцій плідників риб, так і для скочування їх молоді. Значна частина риб гине після проходження через турбіни ГЕС [11]. Крім того, велика кількість молоді риб гине унаслідок потрапляння у водозабори помпових станцій [6, 7].

З метою захисту молоді риб в зоні антропогенного стоку необхідна наявність рибозахисних споруд, що нині регламентується нормативними документами ДБН України [13]. Для коректної їх роботи та розробки нових ефективніших конструкцій необхідно мати в розпорядженні дані про плавальну здатність молоді риб. Плавальна здатність риб – це комплексна характеристика, що включає в себе кидкові, максимальні і крейсерські швидкості плавання [10]. Ці показники визначають здатність риб протидіяти потокам води, а також тривалість їх перебування на течії різної швидкості. Цьому питанню присвячене наше дослідження.

Матеріал і методи досліджень

У цій роботі вимірювали максимальну швидкість плавання (або критичну швидкість течії) – один з найважливіших показників плавної здатності риб [8, 12, 15].

Досліди виконувались у спеціальному видовженому акваріумі, в якому за допомогою помпи регульованої потужності створювали течію [1]. За максимальну швидкість плавання приймали початок знесення риби потоком чи перехід її до режиму кидкової швидкості.

Експерименти проводили з ранньою молоддю (етапи В–G, вік 0+) кількох видів риб родини коропових, а саме: плітки звичайної *Rutilus rutilus* (L.), краснопірки звичайної *Scardinius erythrophthalmus* (L.), верховодки звичайної *Alburnus alburnus* (L.), плоскирки європейської *Blicca bjoerkna* (L.), гірчака європейського *Rhodeus amarus* (Bloch) та коропа звичайного *Cyprinus carpio* L.

Матеріал для експериментів отримували різними способами. Личинок та мальків більшості риб відбирали за допомогою малькового сачка у природних водоймах: молодь плітки відловлювали у травні-червні, верховодки – у липні-серпні у прибережній мілководній зоні руслової ділянки р. Дніпро; молодь краснопірки, гірчака та плоскирки відловлювали у червні-липні на прибережних ділянках річки Віти, правобережної притоки Дніпра. У лабораторних умовах було виведено личинок коропа: штучно запліднену ікру інкубували у апаратах Вейса.

Експерименти здійснювали у 4–5 підходів протягом періоду в 4–6 тижнів, відбираючи кожного наступного разу у тих же місцях більш підрозлу молодь до досягнення нею довжини 18–30 мм (етап F–G).

Результати досліджень та їх обговорення

Плавальна здатність риб залежить від низки факторів, серед яких важливу роль відіграє форма тіла [3, 9, 12]. Ранні личинки досліджених коропових риб морфологічно дуже схожі і починають помітно змінюватися тільки при переході до стадії малька, коли поступово формуються видоспецифічні ознаки, притаманні дорослим особинам [5]. Пізні личинки та мальки верховодки характеризуються найбільш прогонистою формою тіла. Далі в ряду від “прогонистої” до “видовженої” та «округлої» форми тіла ідуть плітка, краснопірка, плоскирка, короп та гірчак; останній у процесі розвитку, на етапах E–G, набуває найбільш округлих форм. Розглянемо результати експериментальних досліджень швидкості плавання молоді риб в цьому порядку.

Для молоді верховодки розміром 5,5–17,5 мм (етапи B–F) показники критичної швидкості течії становили від 6,7 до 38,4 см/с (рис. 1).

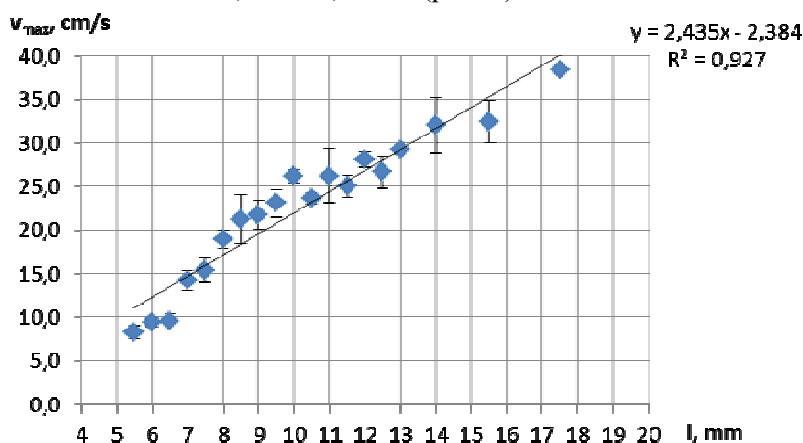


Рис. 1. Залежність $v_{max}(l)$ у верховодки *Alburnus alburnus*

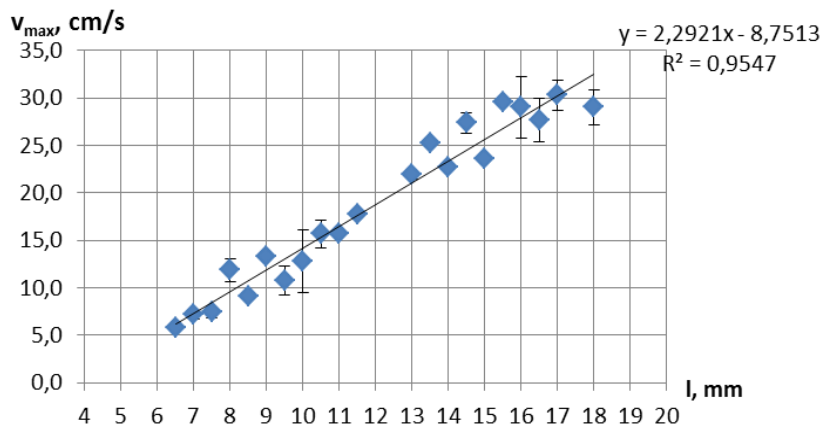


Рис. 2. Залежність $v_{max}(l)$ у плітки *Rutilus rutilus*

Досліджена молодь плітки мала розміри від 6,5 до 18,0 мм (етапи С₁–G). Максимальна швидкість плавання личинок та мальків коливалась в межах 5,8–32,7 см/с. (рис. 2).

Для личинок та мальків краснопірки розміром від 5,0 до 19,5 мм (етапи В–G) критична швидкість течії становила від 4,2 до 26,3 см/с (рис. 3).

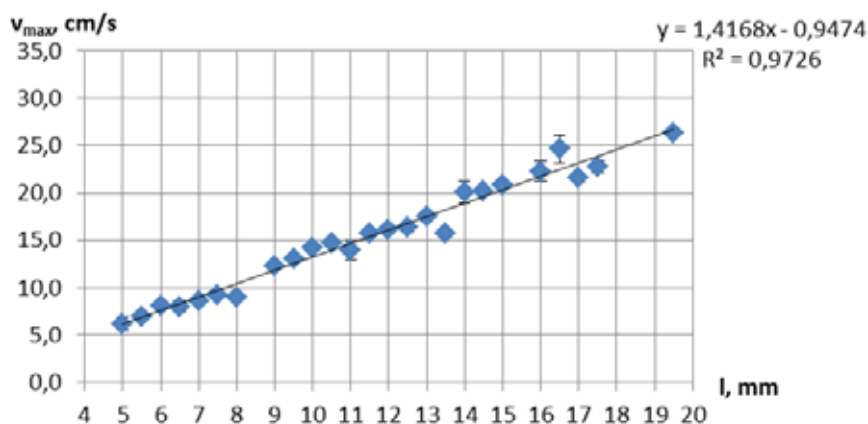


Рис. 3. Залежність $v_{max}(l)$ у краснопірки *Scardinius erythrophthalmus*

Молодь плоскирки розміром 5,0–17,0 мм (етапи В–G) досягала критичної швидкості 7,0–26,1 см/с (рис. 4).

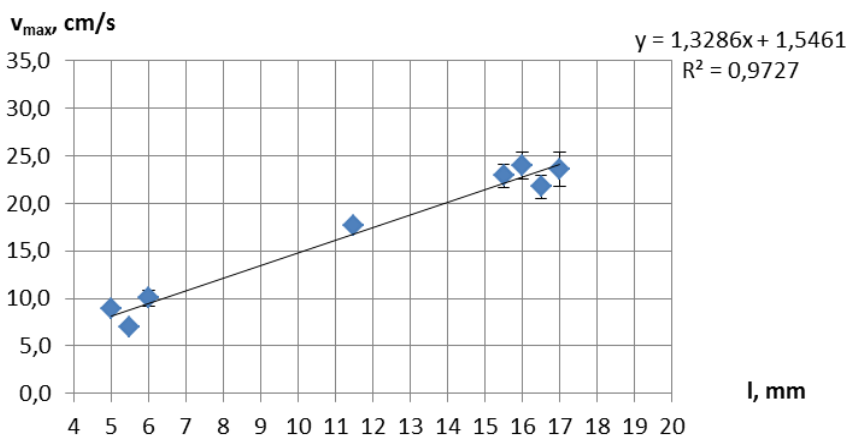


Рис. 4. Залежність $v_{max}(l)$ у плоскирки *Blicca bjoerkna*

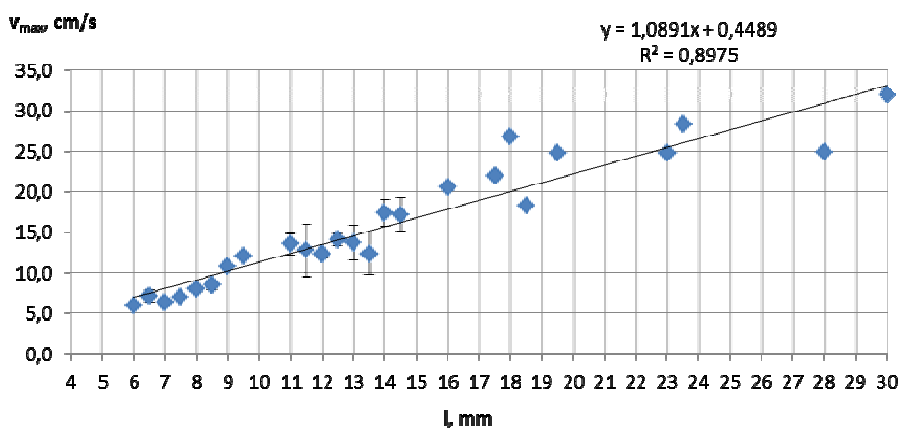


Рис. 5. Залежність $v_{max}(l)$ у коропа *Cyprinus carpio*

Личинки та мальки коропа, задіяні в експериментах, мали розміри від 6,0 до 30,0 мм (етапи С₁–G). Отримані значення максимальної швидкості плавання становили 4,6–31,9 см/с. (рис. 5). Молодь гірчака розміром 7,5–17,5 мм (етапи D₁–G) досягала максимальної швидкості плавання від 8,9 до 22,6 см/с (рис. 6).

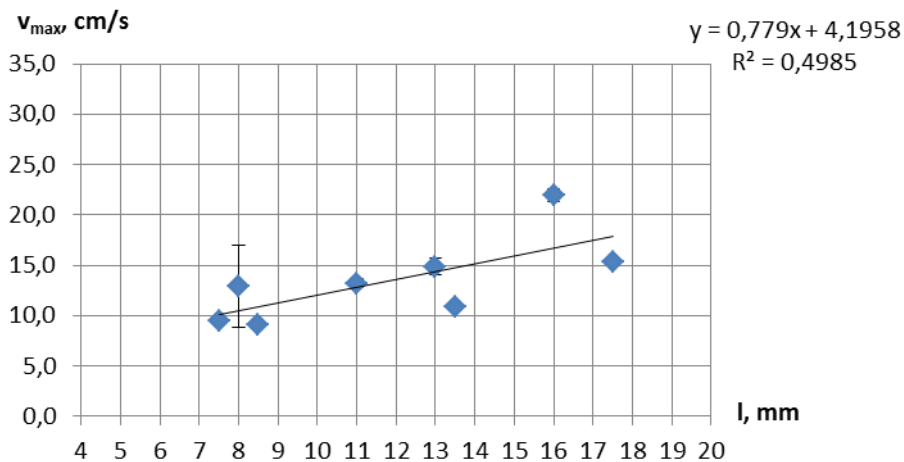


Рис. 6. Залежність $v_{max}(l)$ у гірчака *Rhodeus amarus*

Досліджені види риб помітно відрізнялись між собою за показниками максимальної швидкості плавання на різних етапах розвитку. Для зручності порівняння розмістимо залежність $v_{max}(l)$ для молоді всіх досліджених видів на одному графіку (рис. 7).

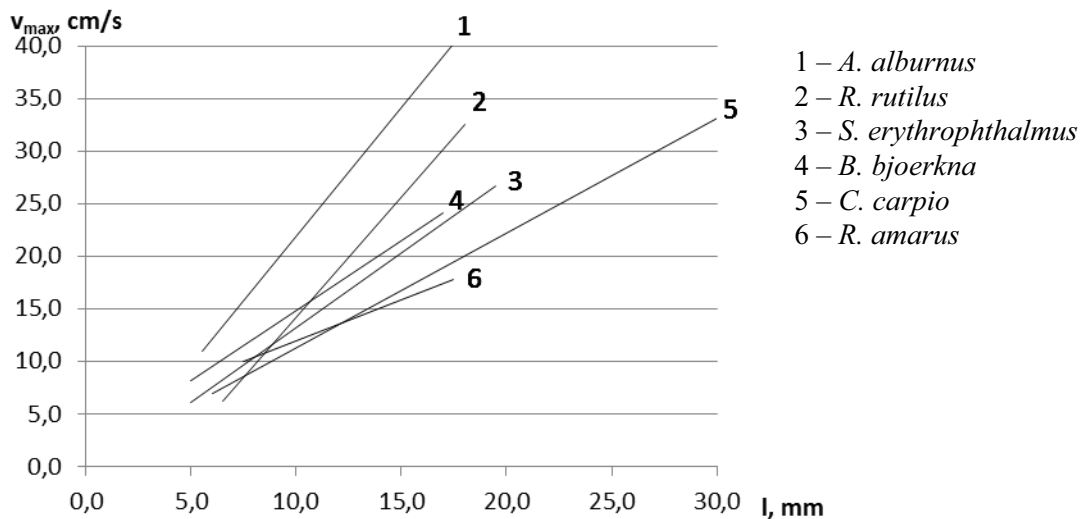


Рис 7. Залежність $v_{max}(l)$ для молоді деяких видів карпових риб

З об'єднаного графіка видно, що при малих розмірах (5–7 мм) швидкість плавання личинок мало відрізняється між видами – лінії залежності практично сходяться або пересікаються між собою. Близькі значення швидкості плавання на найбільш ранніх етапах онтогенезу можна пояснити двома факторами. По-перше, форма тіла ранніх личинок у багатьох видів дуже схожа, і суттєво відрізняється за формою молоді починає у процесі підростання, коли поступово формуються ознаки схожості на дорослих особин [5]. По-друге, при малих розмірах тіла та за наявності широкої плавцевої складки, форма личинки мало впливає на її гідродинамічний опір [2], тому максимально можлива швидкість плавання дрібних личинок не

може відрізнятись суттєво. З підростанням личинок та набуття характерної для кожного виду форми тіла з'являється помітна різниця у їх плавальній активності.

Личинки та мальки верховодки, які виявились найшвидшими у порівнянні з іншими видами, характеризуються найбільш прогонистою формою тіла, що підвищує його обтічність, знижуючи гідродинамічний опір і дозволяючи личинкам розвивати більшу швидкість.

Найбільш близькою до молоді верховодки за показникам критичної швидкості виявилась плітка, форма тіла якої досить видовжена, але меншою мірою, ніж у верховодки. Показники плавальної активності молоді краснопірки і плоскирки були схожі, що можна пояснити високою подібністю форми їх тіла на етапах E–G, яка є більш округлою і короткою у порівнянні з верховодкою та пліткою. Молодь коропа та гірчака у процесі розвитку набуває більш округлих форм, за рахунок чого гідродинамічний опір їх тіла є досить високим, що перешкоджає швидкому плаванню, тому критична швидкість у них найнижча.

Для порівняння плавальної активності молоді риб різних видів можна також використовувати не прямі показники критичної швидкості течії, а відносні – l/c , де l – довжина тіла [10, 14]. Залежність відносної критичної швидкості від розміру досліджених риб зображено на рис. 8.

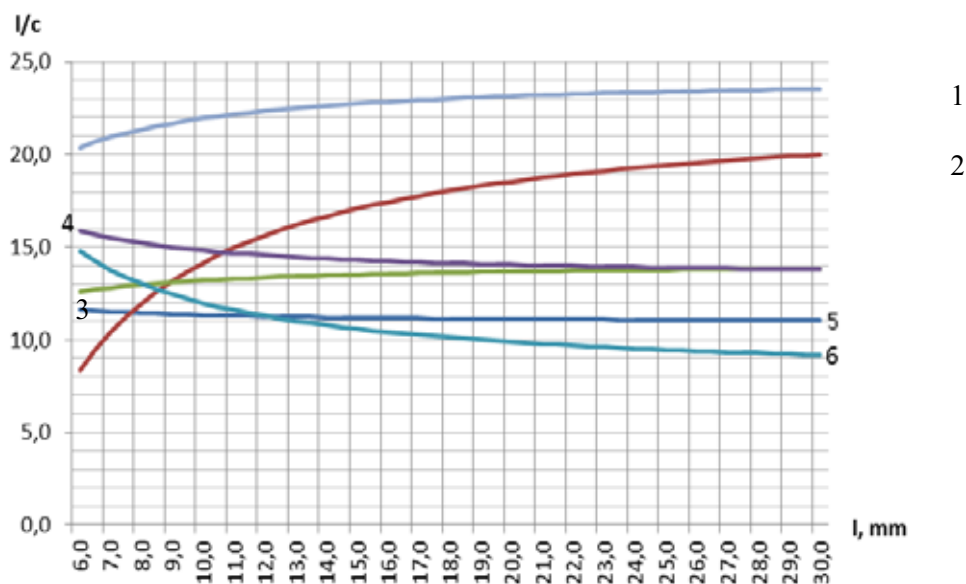


Рис 8. Залежність відносної критичної швидкості від розміру тіла риб (1 – верховодка; 2 – плітка; 3 – краснопірка, 4 – плоскирка; 5 – короп; 6 – гірчак)

З діаграми видно, що найвищі показники відносної швидкості плавання по всіх розмірних групах характерні для молоді верховодки. Інші види у порядку зниження відносної швидкості плавання розмістились по-різному в залежності від розмірної групи. Наприклад, при розмірі 6,5 мм найнижча відносна швидкість плавання у плітки, проте вже при 12,0 мм вона переважає інші види за цим показником. Загалом, риби всіх досліджених видів можна розділити на дві групи: у першій зі збільшенням довжини тіла відносна швидкість зростає, у другій – зменшується. До першої групи віднесено верховодку, плітку і краснопірку, до другої – плоскирку, коропа і гірчака. До першої групи віднесено види, у яких зі збільшенням довжини тіла висота його залишається відносно сталою, до другої групи віднесено види, тіло яких у процесі розвитку помітно круглішає. Отримані залежності свідчать про те, що саме фактор зменшення видовженості тіла обумовлює зниження показника l/c .

Висновки

Максимальна швидкість плавання – показник плавальної здатності риб, що змінюється впродовж онтогенезу. Ранні личинки риб характеризуються близькими значеннями швидкості

плавання, однак у процесі перетворення у мальків та набуття характерної форми тіла з'являється помітна різниця у плавальній активності різних видів.

Більша швидкість плавання характерна для риб з видовженою формою тіла (верховодка, плітка), молодь округлої форми (короп, гирчак) відповідно характеризується нижчими показниками швидкості плавання. Тому форму тіла можна розглядати як один з основних гідродинамічних факторів, що визначає плавальні можливості молоді риб.

Результати роботи можуть мати практичне застосування для розроблення заходів з захисту молоді риб від потрапляння у водозабори, оскільки, згідно з ДБН України, критична швидкість течії молоді промислових риб розміром від 12 мм повинна враховуватись при проектуванні рибозахисних пристроїв.

1. *Абрам'юк І. І.* Застосування гідродинамічного критерію для виокремлення іхтіопланктону (на прикладі молоді коропових риб) / І. І. Абрам'юк, С. О. Афанасьєв // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. — 2015. — № 3—4 (64). — С. 25—29.
2. *Алеев Ю. Г.* О биогидродинамических различиях планктона и нектона / Ю. Г. Алеев // Зоол. журн. — 1972. — Т. 51, Вып. 1. — С. 5—12.
3. *Алеев Ю. Г.* Экоморфология / Ю. Г. Алеев. — К.: Наукова думка, 1986. — 424 с.
4. *Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник* / [В. В. Гребінь, В. К. Хільчевський, В. А. Сташук та ін.]; за ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. — К.: «Інтер-прес ЛТД», 2014. — 164 с.
5. *Коблицкая А. Ф.* Определитель молодежи пресноводных рыб / А. Ф. Коблицкая. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 208 с.
6. *Коваль Н. В.* Динамика выноса молодежи рыб в Ингулецкую оросительную систему / Н. В. Коваль // Применение рыбозащитных и рыбопропускных сооружений. — М., 1978. — С. 193—198.
7. *Коваль Н. В.* Экология молодежи рыб в зонах влияния водозаборных систем / Коваль Н. В., Шевченко П. Г., Колесников В. Н. — К.: Ред. гидробиол. журн. НАН Украины, 1994. — 207 с.
8. *Матюхин В. А.* Установка для комплексного изучения энергетики и физиологии плавания рыб / В. А. Матюхин, В. В. Хаскин, А. Я. Столбов // Вопр. ихтиол. — 1970. — Т. 10, № 5. — С. 925—928.
9. *Овчинников В. В.* Меч-рыба и парусниковые / В. В. Овчинников. — Калининград : АтлантНИРО, 1970. — 108 с.
10. *Павлов Д. С.* Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды / Д. С. Павлов. — М.: Наука, 1979. — 319 с.
11. *Павлов Д. С.* Покатная миграция рыб через плотины ГЭС / Д. С. Павлов, А. И. Лупандин, В. В. Костин. — М.: Наука, 1999. — 255 с.
12. *Павлов Д. С.* Миграции рыб в зарегулированных реках / Д. С. Павлов, М. А. Скоробогатов. — М.: КМК, 2014. — 413 с.
13. *СНиП 2.06.07-87.* Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения / [Минстрой России]. — М.: ГП ЦПП, 1996. — 40 с.
14. *Bellwood D. R.* Relative swimming speeds in reef fish larvae / David R. Bellwood, Rebecca Fisher // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2001. — Vol. 211. — P. 299—303.
15. *Plaut I.* Critical swimming speed: its ecological relevance / I. Plaut // Comp. Biochem. Physiol. & Mol. Integr. Physiol. — 2001. — Vol. 131(1). — P. 41—50.

И. И. Абрам'юк, С. А. Афанасьєв, М. Т. Примачов

Институт гидробиологии НАН Украины

ОСОБЕННОСТИ ПЛАВАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ РАННЕЙ МОЛОДИ КАРПОВЫХ РЫБ В СВЯЗИ С ФОРМОЙ ИХ ТЕЛА

Установлено, что ранние личинки карповых рыб – плотвы *Rutilus rutilus* (L.), красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (L.), уклей *Alburnus alburnus* (L.), густеры *Blicca bjoerkna* (L.), горчача *Rhodeus amarus* (Bloch) и карпа *Cyprinus carpio* L. — характеризуются близкими показателями максимальной скорости плавания, что связано со сходством формы их тела. В процессе преобразования в мальков молодь приобретает характерные для своего вида пропорции, что обуславливает разницу в их максимальной скорости плавания: быстрее оказалась молодь с удлиненной формой тела (уклея, плотва), медленнее — более округлая молодь (карп, горчак).

I. Abramiuk, S. Afanasyev, M. Primachov

Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

SWIMMING PERFORMANCE PECULIARITIES OF EARLY YOUNG CARP FISHES IN RELATION TO THEIR BODY SHAPE

The paper presents the results of experimental studies to determine the critical swimming speed (CSS), one of the most important indicators of swimming performance of fish. The early young fishes (age 0+) of *Cyprinidae* family have been studied: roach *Rutilus rutilus* (L.), rudd *Scardinius erythrophthalmus* (L.), bleak *Alburnus alburnus* (L.), silver bream *Blicca bjoerkna* (L.), bitterling *Rhodeus amarus* (Bloch) and carp *Cyprinus carpio* L. The larvae and juveniles of most fish were caught in nature with a sweep net in May-August in the Dnipro and its tributary the Vita. The carp larvae were derived in laboratory by incubating the artificially fertilized eggs in Weiss's apparatus. Experiments were carried out in a special elongated aquarium, where a flow was created with the help of a regulated power pump. The CSS was regarded as the moment of fish being swept by flow or its transition to the burst speed mode.

For the young bleak of 5.5-17.5 mm length, the CSS ranged from 6.7 to 38.4 cm/sec. For the young roach of 6.5-18.0 mm, the CSS fluctuated within the range of 5.8-32.7 cm/sec. For the larvae and juveniles of rudd sized from 5.0 to 19.5 mm, the CSS ranged from 4.2 to 26.3 cm/sec. The young silver bream of 5.0-17.0 mm reached the CSS of 7.0-26.1 cm/sec. The carp larvae and juveniles of 6.0-30.0 mm length reached the CSS of 4.6-31.9 cm/sec. For the young bitterling with the length 7.5-17.5 mm the CSS ranged from 8.9 to 22.6 cm/sec.

The graph analysis of the results has shown that at small sizes (5-7 mm), all studied fishes are characterized by close values of CSS, due to the similarity of their body shape. In the process of transformation into juveniles, the young fishes acquire the proportions that are characteristic for the adults, which causes the difference in their CSS.

The bleak, which turned out to be the fastest in comparison to other species, is characterized by the most elongated body shape, which increases its streamlining, reducing hydrodynamic resistance and allowing the larvae to achieve higher swimming speeds. The bleak was followed by the roach, the shape of which is quite elongated, but to a less extent compared to the bleak. Indicators of swimming activity of the young rudd and silver bream were close, which can be explained by high similarity of their body shape, which is more rounded and short compared to bleak and roach. The young carp and bitterling in the process of development acquire more rounded shapes, due to which the hydrodynamic resistance of their bodies is rather high, which prevents fast swimming, hence their critical speed was the lowest.

The highest rates of relative swimming speed (body length per second, RSS) in all size groups were observed in bleak. Other species in order of decreasing the RSS have allocated differently depending on the size group. For example, the 6.5 mm size roach had the lowest RSS, but already at 12.0 mm it prevailed other species by this indicator. All studied species were divided into two categories: in the first one, with an increase in the body length, the RSS also increased, in the second group, it decreased. The first one combined bleak, roach and rudd, the species that keep relatively constant body height while its length increases, the second one included silver bream, carp and bitterling, the species that become noticeably rounded in the development process.

Therefore, the body shape can be considered as one of the main hydrodynamic factors that determines the swimming performance of fish. The results obtained may have practical application in protection of young fish from entering the water intakes.

Key words: critical swimming speed, larvae, juveniles, carp fishes, body shape

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 06.06.2017