

4. *Пряхин Ю. В.* Методы рыбохозяйственных исследований / Ю. В. Пряхин, В. А. Шкицкий. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 256 с.
5. *Снигирев С. М.* Донная ихтиофауна прибрежных вод о. Змеиный: автореф. дисс. На соискание научной степени кандидата биологических наук : специальность 03.00.10 – Ихтиология. – К.: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. – 20 с.
6. *Червона книга України. Тваринний світ* / [за ред. І.А. Акімова]. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 600 с.
7. *Black Sea Red Data Book* / [Ed. by H. J. Dumont]. – New York: United Nations Office for Project Services, 1999. – 413 p.
8. *Halford A.* Visual census surveys of reef fish / A. Halford, A. A. Thompson. – Townsville: Australian institute of marine science, 1994. – 22 p.
9. *Miller J.* Fish of Britain and Europe / J. Miller, M. J. Loates. – Harper Collins Publishers, London, 1997. – 288 p.
10. *Snigirov S.* The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants / S. Snigirov, O. Goncharov, S. Sylantsev // Marine Biodiversity (DOI 10.1007/s12526-012-0109-4). – 2012. – Vol. 42, № 2. – P. 225–239.

О.Н. Абакумов¹, В.З. Піцик¹, О.П. Куракін², С.М. Снігір'єв¹

¹Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, Україна

²Інститут біології моря НАН України, Одеса

НОВІ ВИДИ РИБ ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД о. ЗМІЙНИЙ у 2012-2014 рр.

У роботі наведено дані про перші знахідки 6 нових видів риб у прибережних водах о. Зміїний у 2012-2014 рр. Всього протягом 2003-2014 рр. в районі о. Зміїний виявлено 65 видів риб, які належать до 17 рядів, 40 родин, 54 родів. Більше половини виявлених видів риб (52,3%) мають охоронний статус.

Ключові слова: іхтіофауна, острів Зміїний, Чорне море

O.N. Abakumov¹, V.Z. Pitsyk¹, O.P. Kurakin², S.M. Snigirov¹

¹I.I. Mechnikov Odesa National University, Ukraine

²Institut of Marine Biology of NAS of Ukraine, Odesa

NEW FISH SPECIES IN THE ZMIINYI ISLAND COASTAL WATERS 2012-2014.

Information on the findings of 6 new fish species of fish in the coastal waters of the Zmiinyi Island in 2012-2014 has been presented. Altogether 65 species belonging to 17 orders, 40 families and 54 genera were found in the Zmiinyi Island area in 2003-2014. More than half of the identified species (52.3%) have protected status.

Keywords: ichthyofauna, Zmiinyi Island, Black Sea

УДК 574.583: 597.551.2: 627.223.3

І.І. АБРАМ'ЮК, С.О. АФАНАСЬЄВ

Інститут гідробіології НАН України

пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО КРИТЕРІЮ ДЛЯ ВИОКРЕМЛЕННЯ ІХТІОПЛАНКТОНУ (НА ПРИКЛАДІ МОЛОДІ КОРОПОВИХ РИБ)

У статті наведені результати експериментальних досліджень з визначення критичної швидкості течії (КШТ) для молоді корошових риб – краснопірки, плітки, плоскирки, гірчака, верховодки і вівсянки. На основі власних та літературних даних з КШТ розраховані числа Рейнольдса для молоді різних стадій розвитку. Встановлено, що досягнення критичного значення $Re = 5,0 \cdot 10^3$,

яке вказує на завершення планктонного етапу, відбувається при переході від личинкового до малькового періоду розвитку.

Ключові слова: іхтіопланктон, критична швидкість течії, число Рейнольдса

Планктон і нектон, безсумнівно, являють собою два принципово різні екологічні угруповання, перше з яких, за загальними уявленнями, є пасивним і не здатним чинити опір течії, а друге – активно плаваючим. Таке визначення в цілому правильне, проте недостатньо точне, адже більшість організмів, що традиційно вважаються планктонними, так само здатні до активного руху, і віднесення їх до того чи іншого угруповання буде залежати від наявності та швидкості течії. І навпаки, багато видів риб досить великі проміжки часу, наприклад кілька місяців зимівлі, можуть проводити практично без руху, зависаючи у товщі води. Крім того, для тих гідробіонтів, які впродовж онтогенезу проходять і планктонну, і нектонну стадії, питання такого розмежування залишається досить складним.

Межа між планктоном і нектоном досить умовна. Критерієм відмежування цих угруповань може бути наявність специфічних пристосувань, які у планктону направлені на збільшення питомої поверхні тіла та зменшення його обтічності, а у нектону, навпаки, на зменшення питомої поверхні та досягнення максимальної обтічності. Однак, наявність таких морфологічних ознак у більшості випадків не може однозначно вказувати на належність організму до планктону або нектону. Для її уточнення потрібно аналізувати поведінку гідробіонтів, наприклад, здатність рухатись проти течії різної швидкості та робити відповідні розрахунки.

Матеріал і методи досліджень

Личинок коропових риб вибірками по 30–40 особин відловлювали у р. Дніпро та його правобережній притоці – р. Віта, одразу доставляли до лабораторії у пластикових пляшках з водою з річки. Після цього їх разом з водою переливали у кристалізатори об'ємом 8–10 дм³. Личинок при потребі підготовували наупліями циклопів, дафніями та коловертками. У дослідях використовували личинок шести видів риб: краснопірки, плітки, плоскирки, гірчака, верховодки і вівсянки на стадіях В–D₂. Показники критичної швидкості течії для пізніх личинок і мальків (стадії Е–G) були запозичені з літератури [5]. Експерименти проводили у той самий день або наступного дня з використанням оригінальної дослідної установки. Вона є видовженим акриловим каркасним акваріумом довжиною 1,5 м, шириною 0,2 м і висотою 0,3 м, в якому течія створюється помпою (у наших дослідях використовували електричну занурену помпу "Atman" потужністю 1100 л/год), а її швидкість регулюється за допомогою крана, встановленого на вихідному отворі помпи. Акваріум розділений на два поздовжніх відсіки перегородкою з оргскла; розташування вхідного і вихідного отвору помпи по різні боки перегородки забезпечує циркуляцію води, створюючи течію. Експеримент проводили у відсіку з боку вхідного отвору, де турбулізацію потоку зводили до мінімуму за допомогою перфорованої акрилової пластини. Потрапляння риб у помпу запобігала обмежуюча сітка з газу № 11. Личинок за допомогою склянки пересаджували безпосередньо у робочий відсік і поступово відкривали кран до того моменту, коли личинка була вже не здатна протидіяти потоку води. Швидкість наростання потужності потоку завжди була однаковою, причому загальний час експерименту не перевищував 1–2 хвилини для запобігання втомі личинок та викривленню результату. Швидкість течії замірювали поплавковим методом. Значення, при якому рух риби проти течії ставав неможливим, ми вважали критичною швидкістю течії (далі КШТ). Всіх личинок одразу після дослідів виловлювали та фіксували формаліном, визначення проводили згідно з стандартною методикою [4, 3] з використанням бінокулярного мікроскопа МБС-9.

Ю.Г. Алєєвим [2] було показано, що планктон і нектон відрізняються за гідродинамічним критерієм – відношенням сил інерції до сил тертя, яке називається числом Рейнольдса (Re):

$$Re = lVv^{-1} \quad (1)$$

де l – характерний лінійний розмір, що характеризує процес руху, V – швидкість потоку, що обтікає організм, ν – кінематична в'язкість рідини.

Зі зміною числа Рейнольдса змінюється структура течії у так званому примежовому шарі – безпосередньо прилягаючій до тіла області обтікаючого потоку, в межах якої в'язкість рідини впливає на характер течії. При малих значеннях Re у примежовому шарі мають місце лише ламінарні течії, а при великих значеннях Re навколо плаваючого тіла виникає турбулентність [7, 6].

Значення l у формулі (1) означає довжину тіла без хвостового плавця, оскільки ниткоподібні і листовидні придатки не визначають загальної картини обтікання тіла [1]. Значення V дорівнює КШТ, визначеній експериментально. Кінематична в'язкість води ν у температурному діапазоні 20–25°C і тиску 1 атм (умови експерименту) в середньому становить 0,01 см²/с.

Результати досліджень та їх обговорення

У результаті експерименту нами були отримані такі значення КШТ: для личинок плітки розміром 5,0–8,0 мм – від 4,7 до 8,5 см/с; для краснопірки 5,0–7,5 мм – від 4,2 до 9,8 см/с; для гірчака 8,0–8,5 мм – від 8,9 до 9,1 см/с; для верховодки 5,5–6,5 мм – від 6,3 до 7,0 см/с; для вівсянки 7,5 мм – від 7,9 до 8,3 см/с; для плоскирки розміром 5,0 мм (1 екземпляр) КШТ становила 9,0 см/с. Для плітки, краснопірки та об'єднаної вибірки риб шляхом апроксимації були отримані залежності КШТ від довжини тіла личинки, які мають лінійний характер, тобто зі збільшенням розміру личинки КШТ зростає (рисунок).

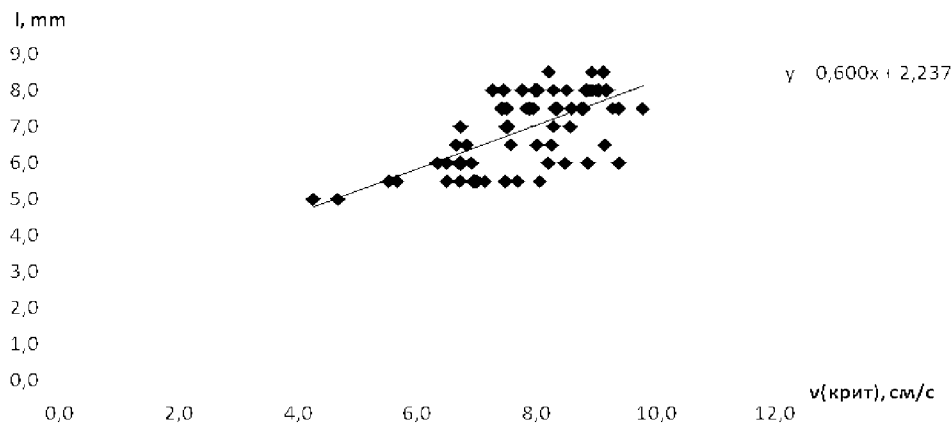


Рис. Критична швидкість течії для личинок коропових риб

Отримані значення Re для всіх досліджених видів коливались у межах від 212 (краснопірка, стадія В) до 775 (гірчак, стадія D₂).

Відомо, що найнижчою межею існування нектону є $Re = 5,0 \cdot 10^3$ [2]. За рідкісними винятками, наведене значення Re приблизно відповідає абсолютній довжині нектонта близько 2–3 см, з чого випливає, що абсолютна довжина нектонних тварин, як правило, не буває меншою 2 см. Нижче цього значення немає передумов для формування добре обтічної, «нектонної» форми тіла, оскільки в цьому діапазоні значень Re при будь-якій формі тіла різко домінує опір тертя [1].

Отже, особини досліджених стадій розвитку далеко не досягають критичних значень числа Рейнольдса $5,0 \cdot 10^3$, відтак за гідродинамічним критерієм однозначно є планктонними. Це також підтверджується і морфологічним критерієм – наявністю плавцевої облямівки, яка є пристосуванням до планктонного способу життя, тому що збільшує гідродинамічний опір тіла личинки.

Розрахувавши Re за даними з КШТ, отриманими Д. С. Павловим [5], та об'єднавши їх із власними даними, ми виявили, що значення, близькі до $5,0 \cdot 10^3$ досягаються при таких середніх значеннях довжини тіла розглянутих риб: у річкових плітки і верховодки – відповідно 21 і 18,6 мм, у цих же видів з водосховища – відповідно 21,7 і 19,5 мм. Ці дані свідчать про меншу опірність плітки до течії порівняно з верховодкою як більш реофільним видом, а також про

різницю у межі між планктоном і нектоном у стоячих і проточних водоймах. У річці обидва види досягають критичних значень Re при менших розмірах, тобто риби у річках швидше переходять до плавання в режимі турбулентного обтікання (нектонної стадії). Зазначені розміри здебільшого відповідають остаточному завершенню личинкової стадії і переходу до малькової. При цьому переході відбувається редукція планктонних органів, що збільшують питому поверхню тіла, натомість з'являються пристосування, напружені на її зменшення, а також на ламінаризацію прилежового шару (виражена обтічна форма тіла, лусковий покрив).

Отримані дані свідчать про те, що значення числа Рейнольдса має визначальний вплив на формування комплексу адаптацій гідробіонтів до руху у в'язкому середовищі води. Для крупних і швидко плаваючих риб (великі значення Re) вирішальне значення будуть мати сили інерції, для дрібних і повільно плаваючих (малі значення Re) – сили в'язкості. При малих значеннях Re риба має бути пристосована до руху в умовах переважаючого впливу сил в'язкості, тобто у відносно в'язкому середовищі при порівняно малій інерційності. Навпаки, при великих значеннях Re тварина повинна бути пристосована до руху в умовах переважаючого впливу сил інерції, тобто у відносно в'язкому середовищі при порівняно великій інерційності. Ці відмінності у спрямуванні комплексу адаптацій, пов'язаних з рухом, в основному і формують відмінності між планктоном і нектоном.

Висновки

У гідродинамічні рамки іхтіопланктону входять всі етапи личинкової стадії розвитку досліджених видів риб (краснопірка, плітка, плоскирка, гірчак, верховодка, вівсянка). У переважній більшості випадків досягнення критичних значень числа Рейнольдса $Re = 5,0 \cdot 10^3$ відбувається при перетворенні личинки в малька та остаточному формуванні лускового покриву, що з певним наближенням можна вважати початком нектонного етапу у житті риб.

Як показують результати наших досліджень, число Рейнольдса є важливим біогідродинамічним критерієм при визначенні переходу від планктонного періоду існування до нектонного. Остаточне зникнення планктонних ознак у молоді риб при досягненні критичних значень Re вказує на тісний зв'язок їх морфологічних та біогідродинамічних характеристик.

Опірність молоді риб до течії залежить від типу водойми, в якій вони мешкають. Так, у личинок та мальків річкових риб вона вища, ніж у риб стоячих водойм. Так само цей показник дещо відрізняється у різних видів.

Отримані нами дані дозволяють попередньо уточнити межі прісноводного іхтіопланктону як окремого екологічного угруповання гідробіонтів та є основою для подальших досліджень на більш широкому матеріалі. Дані з критичних швидкостей течії для ранніх стадій онтогенезу риб також можуть мати практичне значення при розробці методів захисту від травмування чи загибелі молоді риб внаслідок потрапляння у різноманітні гідротехнічні споруди – водозабори, турбіни ГЕС тощо.

1. *Алеев Ю. Г.* Экоморфология / Ю. Г. Алеев. – К.: Наукова думка, 1986. – 424 с.
2. *Алеев Ю. Г.* О биогидродинамических различиях планктона и нектона / Ю. Г. Алеев // Зоол. журн. – 1972. – Т. 51, вып. 1. – С. 5–12.
3. *Васнецов В. В.* Этапы развития костистых рыб / В. В. Васнецов // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М., 1953. – С. 207–217.
4. *Коблицкая А. Ф.* Определитель молодежи пресноводных рыб / А. Ф. Коблицкая. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 208 с.
5. *Павлов Д. С.* Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды / Д. С. Павлов. – М.: Наука, 1979. – 319 с.
6. *Світлий Ю. Г.* Гідравлічний транспорт (монографія) / Ю. Г. Світлий, В. С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2009. – 436 с.
7. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг; [перев. с немец. Г. А. Вольперта]. – М.: Наука, 1974. – 713 с.

И.И. Абрамюк, С.А. Афанасьев

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ИХТИОПЛАНКТОНА (НА ПРИМЕРЕ МОЛОДИ КАРПОВЫХ РЫБ)

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению критической скорости течения (КСТ) для молоди карповых рыб – красноперки, плотвы, густеры, горчака, уклей и верховки. На основе собственных и литературных данных по КСТ рассчитаны числа Рейнольдса для молоди разных стадий. Установлено, что достижение критического значения $Re = 5,0 \cdot 10^3$, указывающего на завершение планктонного этапа, происходит при переходе от личиночного к мальковому периоду развития.

Ключевые слова: иктиопланктон, критическая скорость течения, число Рейнольдса

I.I. Abramiuk, S.O. Afanasyev

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

APPLICATION OF HYDRODYNAMIC CRITERION TO DISTINGUISH ICHTHYOPLANKTON (BY EXAMPLE OF JUVENILE FISH OF FAM. CYPRINIDAE)

The paper presents the results of experimental studies to determine the critical flow velocity (CFV) of juvenile fish of fam. Cyprinidae: common rudd, roach, bleak, European bitterling, sunbleak and silver bream. On the basis of original and literature data on CFV, the Reynolds number for different stages of juvenile fish was calculated. Considered fishes were shown to reach a critical value of $Re = 5,0 \cdot 10^3$ when turning from larva to fry, which indicates completion of the planktonic phase.

Keywords: ichthyoplankton, critical flow velocity, Reynolds number

УДК 265.5: 574.2

Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ

Институт морской биологии НАН Украины

ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65011, Украина

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВСЕЛЕНИЯ НОВЫХ ВИДОВ В ЧЕРНОЕ МОРЕ И НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ ИЗУЧЕНИЮ

Описаны особенности пространственного распределения инвазионных видов, проникающих в Черное море. Сформулированы задачи приоритетных исследований видов вселенцев.

Ключевые слова: инвазионные виды, вселенцы, Черное море, биологическое загрязнение

Проблемы биологического загрязнения или вселения новых видов в водные и наземные экосистемы чрезвычайно актуальны и определяются экономическими затратами на борьбу с проникшими организмами, либо сдерживание их развития. Только в Европе на это ежегодно тратится свыше 12,5 млрд. евро [10]. В связи с низким биологическим разнообразием Черного моря, обусловленным низкой соленостью, а также нарушенной устойчивостью его экосистемы из-за эвтрофирования, отмечается стремительный рост численности зарегистрированных здесь чужеродных видов. С 1990-х годов число вселенцев в Черном море возросла более, чем в 20 раз и к 2013 году достигла 365 видов [9]. Для мониторинга новых вселений, а также ранней диагностики их разрушительного воздействия на сообщества аборигенных организмов в Черном море выделены зоны повышенного риска биологического загрязнения, основанные на сформулированной концепции ускорения микроэволюции экосистем за счет вселения чужеродных организмов [8]. В работе использована база данных о видах-вселенцах, разработанная консультативной группой по биологическому разнообразию Секретариата комиссии по охране Черного моря от загрязнения с участием специалистов всех черноморских