

---

---

# БІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ВОДОЙМ

---

---

УДК 597-152.6

## ВИКОРИСТАННЯ ЕМПІРИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ПРИРОДНОЇ СМЕРТНОСТІ ОСНОВНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВИДІВ РИБ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

О.В. Діденко

Інститут рибного господарства УААН, м. Київ

---

*Проаналізовано кілька емпіричних методів, які використовуються для оцінки природної смертності риб. Розглянуто можливість застосування цих методик для промислових риб Кременчуцького водосховища і на їх підставі розраховано коефіцієнти природної смертності для п'яти основних промислових видів риб: ляща, плітки, плоскирки, карася і судака.*

---

Природна смертність — це смертність, яка зумовлена різними чинниками, крім промислу. Наприклад, хижацтвом, канібалізмом, хворобами, нерестовим стресом, голодом і старінням. Цей показник є одним з найважливіших параметрів для оцінки чисельності популяцій риб і, одночасно, параметром, який найскладніше виміряти в природних умовах.

Розрізняють два типи показників природної смертності: коефіцієнт річної природної смертності ( $\varphi$ ), що є величиною відносного річного зниження чисельності риб, і коефіцієнт миттєвої природної смертності ( $M$ ), що відображає ступінь відносного скорочення чисельності риб за нескінченно малий проміжок часу. Для практичних цілей частіше використовують другий показник. Коефіцієнти  $\varphi$  і  $M$  пов'язані формулою:  $\varphi = 1 - e^{-M}$  [1].

У природному середовищі природну смертність риб можна оцінити в тих випадках, коли на водоймі відсутній промисел. При цьому можна провести контрольні лови і вивчити структуру популяції. Природна смертність буде дорівнювати загальній згідно з формулою:

$$N_t = N_0 \times e^{-Z \times (t-t_0)},$$

де  $N_t$  — кількість риб за час  $t$ ;  $N_0$  — початкова кількість риб за час  $t_0$ ;  $Z$  — коефіцієнт миттєвої загальної смертності, який дорівнює  $Z = M + F$  (де  $M$  — коефі-

цієнт миттєвої промислової смертності,  $F$  — коефіцієнт миттєвої промислової смертності, який за відсутності промислу дорівнює нулю).

Через те, що оцінити коефіцієнт природної смертності прямим способом часто не є можливим, різними дослідниками зроблені спроби ідентифікувати параметри, які імовірно можуть бути пропорційними величині  $M$  і які набагато простіше виміряти (або оцінити). Так, було виявлено, що коефіцієнт  $K$  рівняння росту Берталанфі пов'язаний з тривалістю життя, яка, у свою чергу, пов'язана з величиною природної смертності [2].

У вітчизняних рибогосподарських дослідженнях коефіцієнти річної природної смертності в середніх вікових групах риб визначаються найчастіше за методикою Тюріна [3] з використанням запропонованої ним розрахункової таблиці і відповідного їй графіка. Для реалізації такого методу необхідно знати максимальний вік риби у стаді, кількість вікових груп у промислі і кількість особин граничного віку в пробі.

У зарубіжній літературі існує кілька методів, що пов'язують значення миттєвої природної смертності з параметрами рівняння росту Берталанфі і, крім того, з деякими іншими параметрами риб або навколишнього середовища.

Так, згідно з МакКуїном [4], якщо максимальна тривалість життя ( $t_{\max}$ ) визначається віком, що відповідає максимальній довжині ( $L_{\max} = 0,95 \times L_{\infty}$ ), яку може досягти риба, то з рівняння Берталанфі:  $t_{\max} = (3/K) + t_0$  можна отримати приблизну оцінку величини природної смертності:  $M = 3/t_{\max}$ .

Ідентичний результат можна отримати при застосуванні формули Тейлора [5]:

$$M = (2,995 \times K) / (2,996 + K \times t_0).$$

Хоеніг [6] виявив на основі лінійної регресії між природною смертністю і тривалістю життя риб (використовуючи набори даних, що були отримані при дослідженні 53 видів, які промислом не експлуатуються або слабо експлуатуються), що величина  $M$  пов'язана з максимальним віком риб у стаді ( $t_{\max}$ ) згідно з рівнянням:

$$\ln M = 1,44 - 0,982 \times \ln t_{\max}.$$

Також виявлено, ґрунтуючись на факті, що біологічні процеси швидше відбуваються за вищих температур, що значення природної смертності залежить від температури навколишнього середовища. Паулі [7] пов'язав природну смертність з параметрами росту Берталанфі та середньою температурою води:

$$\ln M = -0,0152 - 0,279 \times \ln L_{\infty} + 0,6543 \times \ln K + 0,463 \times \ln T^{\circ}.$$

Це рівняння було отримане на основі множинних регресій при використанні 175 наборів даних для різних видів риб ( $M$ ,  $L_{\infty}$ ,  $K$  і  $T^{\circ}$ ) і температур у межах від 5 до 30°C. Формула вказує на те, що чим менший розмір якого-небудь виду риб, тим вища його природна смертність; чим вища швидкість росту, тим вища природна смертність; чим вища температура, тим вища природна смертність виду.

Дженсен [8] вивів кілька залежностей, використовуючи ті самі набори даних, що і у Паулі, і в найпростіший з них величину природної смертності з достатньо високим ступенем достовірності залежала від коефіцієнта швидкості росту за рівнянням:  $M = 1,6 \times K$ .

Ріхтер і Єфанов [9] виявили, що риби з високою природною смертністю компенсують високі значення  $M$  раннім досягненням статевої зрілості. Досліджуючи

порівняльну динаміку популяцій різних видів риб (з короткою, середньою і довгою тривалістю життя), вони відзначили прямий зв'язок між величиною природної смертності і віком "масового дозрівання" риб (вік, за якого дозріває, як мінімум, 50% популяції —  $Tm50\%$ ), звідки:

$$M = 1,521 / (Tm50\%^{0,720}) - 0,155.$$

Беручи за основу припущення, що значення природної смертності вірогідно пов'язане зі ступенем внеску риби у відтворення, Гандерсон [10], досліджуючи 28 стад різних видів риб, запропонував таке рівняння:

$$M = 1,79 \times GSI,$$

де  $GSI$  — гонадосоматичний індекс ( $GSI =$  маса яєчників/соматична маса).

Вищевикладеними методами можна розрахувати значення  $M$  для експлуатованої частини популяції без урахування природної смертності різних вікових груп. Існують методи, які дають змогу змодельовати зміни природної смертності з віком.

Наприклад, модель Кадді [11] використовує параметри росту рівняння Берталанфі і розмірно-вагового співвідношення для обчислення значень  $M$  для різних вікових груп популяції риб. Цей метод ґрунтується на таких міркуваннях:

- по-перше, природна смертність  $M$  зменшується з віком риб і це зменшення може бути представлене у вигляді рівняння  $M(t) = A + B/t$ , де  $A$  — асимптотична швидкість природної смертності, а  $B$  є параметром, який визначає опуклість кривої смертності;
- по-друге, передбачається, що за відсутності промислу, біомаса стада перебуває у рівновазі. Інакше кажучи, зменшення біомаси, що акумулюється протягом життя однієї когорти, повинна дорівнювати біологічній продукції цієї когорти.

Як вхідні дані для цього методу потрібні параметри рівняння росту Берталанфі та коефіцієнти  $a$  і  $b$  степеневого рівняння вагового росту. Метод включає багато розрахунків, суть яких полягає у побудові теоретичних векторів приросту і зниження біомаси за віковими групами з використанням параметрів рівняння

Бергаланфі для виду, що нас цікавить. Потім підбираються такі значення  $A$  і  $B$ , за яких зменшення біомаси дорівнюватиме її продукції і вектор значень природної смертності за віковими групами визначається на підставі вибраних параметрів.

Інший метод оцінки коефіцієнтів природної смертності, диференційованих за віком риб, був запропонований Зиковим [12]. Згідно з його дослідженнями, залежність між значеннями коефіцієнтів річної природної смертності ( $\varphi$ ) і віком риб може бути описане рівнянням:

$$\varphi = a \times t^{2k} - b \times t^k + 1,$$

де  $t$  — вік риб;  $a, b, k$  — константи.

Для реалізації цього методу необхідно визначити кілька коефіцієнтів степеневих рівнянь росту і маси, а також знати розмір досягнення статевого дозрівання і максимальну довжину представників виду.

Таким чином, метою цієї роботи було проаналізувати різні емпіричні методики оцінки природної смертності і розрахувати коефіцієнти природної смертності для п'яти основних промислових видів риб Кременчуцького водосховища.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Використовувалися розмірно-вікові і розмірно-вагові показники основних п'яти промислових видів риб Кременчуцького водосховища: ляща, плітки, плоскирки, карася, судака. Біологічні матеріали збирали на контрольно-спостережних пунктах Інституту рибного господарства у 2001–2005 рр. з використанням контрольних ставних сіток з розміром вічка  $a=30-150$  мм згідно з загальноприйнятою методикою [13].

Параметри рівняння росту Бергаланфі ( $K, L_{\infty}$  і  $t_0$ ) обчислювались методом найменших квадратів з використанням середніх розмірно-вікових даних за 5 років із застосуванням модуля MS Excel “Поиск решения” (Solver). Метод було реалізовано у такий спосіб: у модулі “Поиск решения” у вікні “Установить целевую ячейку” задавалась клітинка суми квадратів відхилень між обчисленими й емпіричними значеннями  $L_t$ , яка дорівнює “0”, а у вікні “Изменяя ячейки” — клітинки з параметрами росту  $K, L_{\infty}$  і  $t_0$ . Для ініціалізації використовували по-

чаткові значення параметрів  $K=0, t_0=0$ , а  $L_{\infty} = \max(L_t)$ . Крім того, в тих випадках, коли розраховане значення  $L_{\infty}$  для деяких видів риб виявлялося значно більше ( $> 10\%$ ), ніж  $L_{\max}$  у пробі, проводили оцінку параметрів  $K$  і  $t_0$  за фіксації значення  $L_{\infty}$  на рівні  $L_{\infty} = L_{\max}/0,95$ . При цьому в модулі “Поиск решения” у вікні “Изменяя ячейки” задавались тільки клітинки із значеннями  $K$  і  $t_0$ .

Коефіцієнт миттєвої загальної смертності ( $Z$ ) визначали графічним методом за натуральними логарифмами чисельності вікових груп в уловах. Отримана лінія регресії показує темп загальної смертності. Коефіцієнт загальної смертності знаходять як тангенс кута нахилу цієї прямої [14]. Крім того, цей коефіцієнт також визначали за методикою Тюріна [3] з трансформацією річного коефіцієнта загальної смертності в миттєвий за формулою:  $Z = -\ln(1 - \varphi_0)$ .

Значення природної смертності  $M$  визначали згідно з описаними методиками [3–12] без та з урахуванням коефіцієнта зниження природної смертності від вилову ( $\Delta K$ ). Коефіцієнт зниження природної смертності від вилову оцінювали за Тюріним [3]:  $\Delta K = M \times (Z - M)$ . Нове значення коефіцієнта природної смертності з урахуванням  $\Delta K$  дорівнює:  $M_{\Delta K} = M - \Delta K$ .

Методику Хоеніга реалізовували двома шляхами. У першому випадку максимальний вік риб у стаді ( $t_{\max}$ ) вважали рівним максимальному віку в контрольних уловах, а в другому випадку це значення розраховували за формулою МакКуїна:  $t_{\max} = (3/K) + t_0$ . При застосуванні методики Паулі брали середню температуру води Кременчуцького водосховища протягом 2003–2005 рр. за даними Черкаського Гідрометеобюро, яка дорівнювала  $11^{\circ}\text{C}$ . Методику Гандерсона використовували тільки для ляща і плітки, для яких є дані щодо ваги їх гонад. Всі розрахунки проводили в електронних таблицях MS Excel 2003.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розраховані значення  $L_{\infty}$  усіх видів риб, окрім ляща, значно відрізняються від максимальних довжин риб у пробах (табл. 1). Так,  $L_{\infty}$  плітки більше  $L_{\max}$  у пробі на 20%, плоскирки — на 23, ка-

Таблиця 1. Розраховані параметри рівняння росту Бергаланфі (включаючи параметри при фіксованому значенні  $L_{\infty}$ )

Параметри рівняння росту	Вид риб				
	Ляц	Плітка	Плоскирка	Карась	Судак
$L_{\max}$ у пробі, см	54,500	43,200	32,900	40,000	72,000
$L_{\infty}$ , см	58,560	54,110	42,740	47,700	84,700
$K$ , рік <sup>-1</sup>	0,122	0,075	0,075	0,087	0,2180
$t_0$ , рік	-0,858	-2,366	-2,632	-2,744	0,5700
$L_{\infty}$ , фікс.	—	45,500	35,400	42,110	75,800
$K$ при фікс. $L_{\infty}$	—	0,121	0,123	0,126	0,301
$t_0$ при фікс. $L_{\infty}$	—	-1,023	-1,224	-1,590	0,901

рася — на 16 і судака — на 15%. Тому для цих видів риб параметри рівняння росту Бергаланфі були також оцінені при фіксованому значенні  $L_{\infty}$ . При цьому відбувається підвищення опуклості кривої росту — збільшується коефіцієнт росту ( $K$ ) і одночасно підвищується значення теоретичного віку, за якого розмір риби дорівнює нулю ( $t_0$ ).

Оцінені різними методами значення коефіцієнтів природної смертності значно різняться для одного і того самого виду (табл. 2). Найнижчі коефіцієнти

$M$  одержують при застосуванні формул МакКуїна, а найбільш високі — при використанні методик Гандерсона, Ріхтера-Ефанова і Зикова. У переважній більшості розраховані значення природної смертності трьома вищепереліченими методами перевищують значення загальної смертності або близькі до неї. Дуже низькі величини  $M$  для плітки, плоскирки і карася згідно з методом МакКуїна можна пояснити тим фактом, що у формулі розрахунку  $t_{\max}$  присутнє  $t_0$ , яке у цих видів вийшло дуже низьке — набагато менше

Таблиця 2. Розраховані коефіцієнти миттєвої природної ( $M$ ) і загальної ( $Z$ ) смертності (без урахування коефіцієнта зниження природної смертності від вилову)

Метод розрахунку $M$	Вид риб				
	Ляц	Плітка	Плоскирка	Карась	Судак
Паулі	0,24	0,18	0,19	0,21	0,32
МакКуїн	0,13	0,08	0,08	0,09	0,21
Хоеніг	0,22	0,23	0,21	0,22	0,21
Хоеніг мод.*	0,19	0,12	0,12	0,14	0,31
Дженсен	0,20	0,12	0,12	0,14	0,35
Ріхтер-Ефанов	0,32	0,53	0,53	0,53	0,32
Гандерсон	0,33	0,44	—	—	—
Кадді**	0,18	0,20	0,23	0,22	0,29
Зиков**	0,39	0,26	0,27	0,44	0,55
Тюрін	0,17	0,18	0,24	0,25	0,43
<b>Z за графіч. методом</b>	<b>0,29</b>	<b>0,37</b>	<b>0,52</b>	<b>0,39</b>	<b>0,90</b>
<b>Z за Тюріним</b>	<b>0,30</b>	<b>0,30</b>	<b>0,43</b>	<b>0,36</b>	<b>0,60</b>

\* Значення  $t_{\max}$ , використане у формулі Хоеніга розраховувалося за методикою МакКуїна.

\*\* Вказано мінімальне значення  $M$  серед усіх вікових груп.

Таблиця 3. Розраховані коефіцієнти миттєвої природної смертності ( $M$ ) при використанні параметрів рівняння росту Бергаланфі, оцінених за фіксованого значення  $L_{\infty}$  (без урахування коефіцієнта зниження природної смертності від вилову)

Метод розрахунку $M$	Вид риби			
	Плітка	Плоскирка	Карась	Судак
Паулі	0,26	0,28	0,27	0,41
МакКуїн	0,13	0,13	0,13	0,28
Хоеніг	0,22	0,21	0,22	0,21
Хоеніг мод.*	0,19	0,19	0,20	0,41
Дженсен	0,19	0,20	0,20	0,48
Кадді**	0,18	0,22	0,22	0,25

\* Значення  $t_{\max}$  використане у формулі Хоеніга розраховувалося за методикою МакКуїна.

\*\* Вказано мінімальне значення  $M$  серед усіх вікових груп.

нуля. Цей факт також знижує результат при використанні модифікованої методики Хоеніга із застосуванням формули МакКуїна.

Значення  $M$  для ляща (єдиний вид, у якого розраховане значення  $L_{\infty}$  незначно перевищує  $L_{\max}$ ), оцінені за допомогою методик Тюріна, Кадді і модифікованого Хоеніга, досить близькі (табл. 2). З урахуванням коефіцієнта зниження природної смертності від вилову ( $\Delta K$ ) вони дорівнюють 0,15; 0,16 і 0,17 відповідно. Крім того, для цього виду дуже близькі значення загальної смертності, знайдені графічним методом і за Тюріним (див. табл. 2). Таким чином, зіставляючи величини природної і загальної смертності можна припустити, що у ляща майже половина промислового стада гине від природних причин.

При застосуванні параметрів рівняння росту, оцінених з фіксованими значеннями  $L_{\infty}$ , у використуваних методиках отримано вищі коефіцієнти природної смертності (табл. 3). Розраховані значення  $M$  методами Хоеніга, Дженсена і Кадді для плітки, плоскирки і карася досить схожі із значеннями  $M$ , оціненими за Тюріним. Окрім того, метод Паулі для плоскирки і карася показав результати, близькі до Тюріна. Щодо судака та значення  $M$  за Тюріним були близькі до методів Паулі, Хоеніга (модифікованого) і Дженсена.

Таким чином, порівнюючи значення загальної смертності ( $Z$ ), оцінку яких

було проведено двома методами, видно, що вони досить різні для одного і того самого виду, крім ляща, і дещо більше для карася (див. табл. 2). Особливо значна різниця спостерігається щодо судака, яка становить 33%. Метод Тюріна [3], визначення коефіцієнтів загальної і природної смертності спроможний дати задовільні результати в тому випадку, якщо популяція перебуває в незайманому стані або інтенсивність промислу не перевищує оптимального рівня, що відповідає стану, коли річний показник загальної смертності не перевищує подвоєної річної "нормальної" природної смертності в середньовікових групах риби. У разі ж інтенсивного промислу на Кременчуцькому водосховищі на даний час можливо має місце така ситуація, коли коефіцієнт  $Z$  перевищує  $M$  більш ніж удвічі. Особливо це стосується судака. Слід зазначити, що популяції ляща і, меншою мірою, карася експлуатуються менш інтенсивно, порівняно з іншими видами. На досить низьке значення загальної смертності ляща вказує той факт, що у пробах трапляються особини віком до 20 років. Щодо судака спостерігається максимальне значення загальної смертності серед досліджуваних видів (його максимальний вік у пробах останніми роками становив у середньому 7–8 років).

Як показали результати визначення коефіцієнтів загальної смертності, у разі інтенсивного промислу на Кременчуцькому водосховищі графічний метод

оцінки загальної смертності є більш прийнятним, ніж методика Тюріна. Перший метод базується на зміні чисельності за різними віковими групами в уловах і не залежить від ступеня експлуатації стада, на відміну від другого методу, який враховує максимальний вік риби в уловах і має обмеження щодо оптимального рівня промислу. Проте для реалізації графічного методу дуже важливо, щоб віковий склад проб відповідав віковому складу промислового стада риби, що у разі селективних знарядь лову, використовуваних на цьому водосховищі, не завжди може збігатися.

Серед розглянутих методів визначення коефіцієнтів природної смертності, методики Ріхтера–Єфанова, Гандерсона і Зикова призводять до завищених значень коефіцієнтів природної смертності (часто вищих за оцінену загальну смертність). Тому вони неприйнятні для застосування у цих умовах для цих видів.

Так, при розробці методу Ріхтера–Єфанова використовувались, в основному, дані щодо морських видів риби — ранньодозріваючих і короткоживучих, або пізньодозріваючих і довгоживучих. Основні промислові види риби Кременчуцького водосховища досягають віку масового статевого дозрівання досить рано, але водночас відрізняються довгою тривалістю життя (окрім судака). Метод Гандерсона також базується на даних щодо морських видів, гонадосоматичний індекс яких очевидно нижчий, ніж у прісноводних видів риби за однакової тривалості життя.

Однією з вимог методики Зикова є наявність даних щодо темпу росту риби у природному стані, або, в крайньому разі, в періоди зниження інтенсивності промислу, коли швидкість росту мінімальна. В умовах Кременчуцького водосховища таких періодів майже не було. Тому при використанні розмірно-вікових даних стад риби, схильних до високого ступеня промислової експлуатації, розраховані значення природної смертності виходять завищеними. Крім того, в запропонованій методиці використовують коефіцієнти лінійного росту, який описується рівнянням степеневі функції типу  $l = qt^k$ , проте в реальності крива росту має дещо іншу форму, для описання якої

підходять більш складні рівняння, наприклад Берталанфі.

Різні методики, в основі яких лежать параметри рівняння росту Берталанфі, призводять до більш схожих результатів. Якщо у формулі фігурує  $t_0$ , наприклад метод МакКуїна і модифікований метод Хоєніга, оцінені значення  $M$  виходять заниженими для тих видів, у яких  $t_0 \ll 0$ .

Якщо розраховане значення  $L_\infty$  набагато вище, ніж  $L_{\max}$  у пробах, доцільно використовувати параметри рівняння росту, оцінені за фіксованого значення  $L_\infty$  на рівні  $L_\infty = L_{\max}/0,95$ . При цьому відбувається зменшення значень  $L_\infty$  і збільшення  $K$  і  $t_0$ , що призводить до підвищення значень  $M$ . У результаті розраховані коефіцієнти природної смертності за допомогою методів Хоєніга, Дженсена, Кадді виявляються близькими між собою і з результатом, знайденим за методом Тюріна.

Дещо завищені величини  $M$  при застосуванні формули Паулі можливо зумовлені тим, що наявні значення температури води Кременчуцького водосховища не зовсім відповідають температурі місця існування цих видів. Температура води Черкаським гідрометеобюро очевидно вимірювалася в поверхневих шарах водойми, тоді як досліджувані види населяють більш глибокі місця. Так, наприклад, щодо ляща, зменшення температури на 2 градуси від 11 до 9°C призводить до зменшення значення  $M$  від 0,24 до 0,22.

Розв'язуючи практичні завдання щодо динаміки популяції промислових видів риби, зазвичай використовують одне і те саме значення коефіцієнта природної смертності для всіх вікових груп, хоча було б доцільніше використовувати коефіцієнти  $M$ , диференційовані за віком. Останнім часом в Європі з цією метою застосовують модель Кадді. Проте крива коефіцієнтів  $M$  за віковими групами, розрахована за цією методикою, відрізняється від класичних кривих природної смертності [3, 12], які мають вид асиметричної кривої з мінімальним значенням  $M$ , що припадає на вік статевого дозрівання. Крива Кадді має таку форму, де максимальні значення  $M$  стосуються молодших вікових груп, а потім, з віком, відбувається стабілізація кривої до досягнення мінімальних значень  $M$  для найстарших ві-

кових груп. Тобто в даному разі цей метод не зовсім враховує коефіцієнти  $M$  для старшовікових груп (хоча це не дуже впливає на подальші розрахунки чисельності стада риб, оскільки старші вікові групи займають незначну частину у виловах і популяції). Така методика не зовсім зручна у застосуванні, оскільки вимагає великої кількості обчислень. Крім того, такий метод призводить до множинних результатів і, отже, ним треба користуватися з обережністю.

Таким чином, можна припустити, що природна смертність основних промислових риб Кременчуцького водосховища останнім часом імовірно перебуває у таких межах: лящ — 0,17–0,20; плітка — 0,18–0,22; плоскирка — 0,19–0,24; карась — 0,20–0,25; судак — 0,41–0,48. З урахуванням коефіцієнта зниження природної смертності від вилову за Тюріним ці значення дорівнюють: лящ — 0,15–0,18; плітка — 0,16–0,19; плоскирка — 0,13–0,19; карась — 0,16–0,23; судак — 0,21–0,28. Чим вище різниця між  $Z$  і  $M$ , тобто чим вище промислова смертність ( $F$ ), тим більше знижується  $M$  під впливом промислу. Тобто більша кількість риб вилучається з водойми, не встигнувши загинути від природних причин. Так, якщо у ляща коефіцієнт природної смертності зменшується в середньому на 10%, то у судака — майже на 50%. Проте, якщо використовувати значення загальної смертності, знайдене за Тюріном, то у судака, коефіцієнт природної смертності зменшиться тільки на 1%.

Оцінені значення природної смертності можуть застосовуватись у подальших розрахунках чисельності стада риб як статистичними, так і демографічними методами. Для розв'язання цих завдань слід використовувати різні значення  $M$  (у межах припустимо реальних) і при цьому необхідно проводити оцінку впливу

різних коефіцієнтів  $M$  на кінцевий результат. Чим вища величина природної смертності, тим вищою буде розрахована чисельність стада риб і навпаки.

На закінчення слід зазначити, що всі розглянуті в цій роботі методи оцінки природної смертності риб є чисто емпіричними. Вони розроблялись на основі різних регресій з використанням наборів даних за популяціями незайманих або слабоексплуатованих риб. Більшість використовуваних рівнянь описують окремі загальні тенденції значень  $M$  залежно від параметрів росту з певною достовірністю. Реальні величини природної смертності, хоч і відповідають цим тенденціям, але можуть значно відхилятися від емпіричних. Різні значення  $M$ , оцінені в цій роботі, є швидше гіпотезами, які повинні братись до уваги у розрахунках чисельності стада риб.

## ВИСНОВКИ

Для розрахунку коефіцієнта загальної смертності щодо видів, схильних до високої промислової експлуатації в умовах Кременчуцького водосховища, доцільно використовувати графічний метод за натуральними логарифмами чисельності вікових груп у виловах.

Якщо розраховане значення  $L_{\infty}$  значно перевищує максимальну довжину риб у виловах або пробах, то при використанні параметрів росту Берталанфі для оцінки природної смертності слід розраховувати нові параметри методом найменших квадратів з фіксацією  $L_{\infty}$  на рівні  $L_{\infty} = L_{\max}/0,95$ .

Для оцінки чисельності промислових стад риб доцільно використовувати значення природної смертності, розрахованих різними методиками (в межах імовірно реальних значень), але при цьому слід проводити дослідження впливу використаних величин природної смертності на кінцевий результат.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Засосов А.В. Динамика численности промысловых рыб. — М.: Пищевая промышленность. — 1976. — 311 с.
2. Beverton R.J.H., Holt S.J. A review of life-spans and mortality rates of fish in nature and their relation to growth and other physiological characteristics // Ciba Found. Colloq. On Ageing. — 1959. — № 5. — P. 142–180.
3. Тюрин П.В. “Нормальные” кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства // Изв. ГосНИОРХ. — 1972. — Вып. 71. — С. 71–128.

4. *McQuinn I.H., Cleary L., O'Boyle R.N.* Estimation de la mortalité naturelle // Méthodes d'évaluation des stocks halieutiques. Brêthes J.C., O'Boyle (Eds.). — Halifax, NS, Canada. — 1990. — P. 441–456.
5. *Taylor C.C.* Temperature and growth // Pacific Razor Clam. J. Cons. — 1959. — Vol. XXV. — P. 93–101.
6. *Hoenig J.M.* Empirical use of longevity data to estimate mortality rates // Fish. Bull. — 1983. — № 82. — P. 898–903.
7. *Pauly D.* On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environment temperature in 175 fish stocks // J. Cons., CIEM. — 1980. — № 39 (3) — P. 175–192.
8. *Jensen A.L.* Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1996. — № 53. — P. 820–822.
9. *Rikhter V.A., Efanov V.N.* On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations // ICNAF Res. Doc. — 1976. — 76/VI/8/. — 12 p.
10. *Gunderson D.R.* Trade-off between reproductive effort and adult survival in oviparous and viviparous fishes // Can. J. Aquat. Sci. — 1997. — № 54. — P. 990–998.
11. *Abbela A., Caddy J.F., Serena F.* Estimation of the parameters of the Caddy reciprocal M-at-age model for the construction of natural mortality vectors // Dynamique des populations marines, Cahiers Option Méditerranéennes. — 1998. — № 35. — P. 191–200.
12. *Зыков Л.А.* Метод оценки коэффициентов естественной смертности дифференцированных по возрасту рыб // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. — 1986. — Вып. 243. — С. 14–21.
13. *Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилучення риб з великих водосховищ і лиманів України (№ 166): Затв. наказом Держкомрибгоспу України 15.12.98. — Київ, 1998. — 47 с.*
14. *Sparre P., Venema S.C.* Introduction à l'évaluation des stocks des poissons tropicaux. Première partie: Manuel. FAO Doc. Tech. sur les Pêches, № 306 (1), Rome. — 1996. — 401 p.

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ ОСНОВНЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ КРЕМЕНЧУГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

*А.В. Диденко*

Проанализировано несколько эмпирических методов, используемых для оценки естественной смертности рыб. Рассмотрена возможность применения этих методик для промысловых рыб Кременчугского водохранилища и на их основании рассчитаны коэффициенты естественной смертности для пяти основных промысловых видов рыб: леща, плотвы, густеры, карася и судака.

#### **USE OF EMPIRICAL METHODS FOR ESTIMATION OF NATURAL MORTALITY OF MAJOR COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE KREMENCHUK RESERVOIR**

*A. Didenko*

The study analyses several empirical methods used for estimation of fish natural mortality. There has been examined a potential of utilization of these techniques for commercial fishes of the Kremenchuk reservoir and natural mortality coefficients of five major commercial fish species: bream, roach, silver bream, crucian carp, and pikeperch have been estimated on their basis.