

БІОРЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЯ ВОДОЙМ

Ribogospod. nauka Ukr., 2021; 2(56): 5-17
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2021.02.005>
УДК 639.215.43:639.2.081.1(282.247.323)

Received 10.03.21
Received in revised form 21.04.21
Accepted 16.05.21

МОДЕЛЮВАННЯ УЛОВІВ ПЛОСКИРКИ (*BLICCA BJOERKNA* (LINNAEUS, 1758)) КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА РІЗНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЗНАРЯДЬ ЛОВУ

В. О. Литвиненко, busevitch@ukr.net, Державне агентство рибного господарства,
м. Київ

Г. О. Котовська, gannkot@gmail.com, Інститут рибного господарства НААН України,
м. Київ

О. А. Бузевич, busevitch@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН України,
м. Київ

С. В. Курганський, busevitch@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН
України, м. Київ

Мета. Аналіз наявного досвіду моделювання кількісних та якісних показників уловів, розробка методичних підходів визначення параметрів оптимального улову ставними сітками.

Методика. Для визначення складу плоскирки в уловах сіток з різним кроком вічка використувався уточнений коефіцієнт річної промислової смертності.

Результати. В рамках загальноприйнятої концепції динаміки чисельності і біомаси популяції внаслідок смертності та вагового росту була розроблена модель, на основі якої можливо виявити залежність розмірно-вікової структури та загальної маси улову від розміру вічка сіток.

Наукова новизна роботи пов'язана з тим, що у ній вперше застосовано математичну модель, здатну забезпечити стає природокористування на основі врахування оптимальних параметрів ставних сіток щодо можливості ефективного вилучення ними певних вікових груп популяції плоскирки. В умовах недостатньої кількості фактичних даних, математичне моделювання допомагає краще зрозуміти вплив людини на природні ресурси.

Практична значимість: розрахунки, проведені за даною моделлю для плоскирки Київського водосховища, показали, що оптимальним є використання сіток з кроком вічка 40–50 мм, які дозволяють отримати максимальний вилов на одиницю поповнення та забезпечити високі показники популяційної плодючості.

Ключові слова: плоскирка (*Blicca bjoerkna* Linnaeus, 1758), Київське водосховище, промисловий лов, моделювання уловів.

MODELLING OF WHITE BREAM (*BLICCA BJOERKNA* (LINNAEUS, 1758)) COMMERCIAL CATCHES BY DIFFERENT PARAMETERS OF FISHING GILLNETS IN KYIV RESERVOIR

V. Lytvynenko, busevitch@ukr.net, State agency of fisheries of Ukraine, Kyiv

© **В. О. Литвиненко, Г. О. Котовська, О. А. Бузевич, С. В. Курганський, 2021**



G. Kotovska, gannkot@gmail.com, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv

O. Buzevych, busevitch@ukr.net, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv

S. Kurhanskyi, busevitch@ukr.net, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv

Purpose. To analyze the existing experience in quantitative and qualitative modelling of commercial fish harvesting and to develop the methodological approaches in determining the optimal catch parameters for gillnets.

Methodology. An adjusted annual commercial mortality rate was used to determine the catches composition in gillnets with different mesh sizes.

Findings. The proposed model was developed within the framework of the generally accepted concept of population dynamics and biomass as a result of mortality and weight growth. It showed the dependence of the size-age structure and total weight of the catch on the mesh size of the grids.

Originality of the work was caused by using the mathematical model that can ensure sustainable use of nature based on the optimal parameters of shutter grids on the possibility of their effective removal of certain age groups of white bream for the first time.

Practical Value: calculations performed according to this model for the white bream of the Kyiv Reservoir showed that it is optimal to use grids with a mesh step of 40-50 mm, which allow to obtain the maximum catch per unit of replenishment and ensure high population fertility.

Keywords: white bream (*Blicca bjoerkna* Linnaeus, 1758), Kyiv reservoir, commercial catches, modelling of catch.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛОВОВ ГУСТЕРЫ (*BLICCA BJOERKNA* (LINNAEUS, 1758)) В КИЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ПО РАЗНЫМ ПАРАМЕТРАМ ОРУДИЙ ЛОВА

В. А. Литвиненко, busevitch@ukr.net, Государственное агентство рыбного хозяйства, г. Киев

А. А. Котовская, gannkot@gmail.com, Институт рыбного хозяйства НААН Украины, г. Киев

О. А. Бузевич, busevitch@ukr.net, Институт рыбного хозяйства НААН Украины, г. Киев

С. В. Курганский, busevitch@ukr.net, Институт рыбного хозяйства НААН Украины, г. Киев

Цель. Анализ имеющегося опыта моделирования количественных и качественных показателей уловов, а также разработка методических подходов к определению параметров оптимального улова ставными сетями.

Методика. Для определения состава в уловах густеры сетей с различным шагом ячеи использовался уточненный коэффициент годовой промысловой смертности.

Результаты. В рамках общепринятой концепции динамики численности и биомассы популяции вследствие смертности и весового роста была разработана модель, на основании анализа которой возможно выявить зависимость размерно-возрастной структуры и общей массы улова от размера ячеи сетей.

Научная новизна работы связана с тем, что в ней впервые применена математическая модель, способная обеспечить устойчивое природопользование на основе учета оптимальных параметров ставных сетей по возможности эффективного изъятия ими определенных возрастных групп популяции густеры. В условиях недостатка фактических данных, математическое моделирование помогает лучше понять воздействие человека на природные ресурсы.



Практическая значимость: расчеты, проведенные по этой модели для густеры Киевского водохранилища, показали, что оптимальным является использование сетей с шагом ячеи 40–50 мм, которые позволяют получить максимальный вылов на единицу пополнения и обеспечить высокие показатели популяционной плодovitости.

Ключевые слова: густера (*Blicca bjoerkna* Linnaeus, 1758), Киевское водохранилище, промысловый лов, прогнозирование уловов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Основними внутрішніми водними об'єктами України є дніпровські водосховища. Всі вони мають статус рибогосподарських, що передбачає достатньо інтенсивне їх використання для промислового вилучення риби.

Державне регулювання цього вилову здійснюється шляхом встановлення лімітів, проте, важливим є забезпечення не тільки прийнятної загальної маси улову певного виду, а й індивідуальних біологічних показників популяції (розмірно-вікових класів, тощо), на яких базується промисел. Не зважаючи на наявність певних обмежень щодо кроку вічка у Правилах промислового рибальства, щорічно встановлюються додаткові обмеження параметрів знарядь лову Режимом рибальства [1, 2]. Це пов'язано з тим, що сьогодні основним засобом регулювання розмірно-вікового складу уловів є встановлення оптимального розміру кроку вічка в знаряддях лову. Відповідно, завданням моделі є управління структурою улову шляхом змінення параметрів знарядь лову.

Сформульовані теоретичні засади для прогнозу розмірно-вікового складу уловів при застосуванні знарядь лову з заданими характеристиками. Показана можливість використання моделей для вибору оптимальної стратегії промислу. На основі узагальнення та аналізу результатів моніторингових досліджень популяції плоскирки Київського водосховища визначені конкретні параметри сіток, які забезпечують максимальний питомий вилов при збереженні відтворювальної здатності популяції.

Результати роботи можуть бути використані при удосконаленні нормативних документів, які використовуються для регулювання рибодобувного промислу на дніпровських водосховищах, зокрема, Правил промислового рибальства та Режиму рибальства [1, 2].

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Одним з найпомітніших чинників впливу людини на біологічні ресурси водойм є вилучення (промислове чи любительське), що спонукає до своєчасної та достовірної оцінки стану популяцій та дій людини щодо них. Важливо враховувати не лише обсяг уловів, а й віковий та розмірно-ваговий склад. Неможливість визначити точну кількість риби у великих водоймах змушує дослідників використовувати нестандартні методи підрахунку, зокрема, складання математичних моделей.

Чисельність, біомаса і вікова структура популяцій риб динамічно змінюються і залежать від кількох чинників. Ці параметри можна досить точно виміряти



кількісно; отже, ми отримуємо змогу оцінити стан запасів риб і визначити найбільш раціональний шлях використання цих ресурсів.

Математичні моделі широко вживаються при оцінці запасів океанічних риб, прямий облік яких, крім зазначених вище причин, ускладнюється великими акваторіями та нерівномірністю розподілу риб; загальноприйнятий в прикладній іхтіології метод віртуально-популяційного аналізу є, по суті, моделюванням чисельності популяції за заданими параметрами смертності [4, 5].

У вітчизняній практиці іхтіологічних досліджень математичні моделі використовуються в основному при визначенні допустимих обсягів вилову морських видів, зокрема в умовах недостатнього обсягу фактичних матеріалів та необхідності прогнозування уловів в довгостроковій перспективі [6]. Для дніпровських водосховищ були розроблені моделі динаміки чисельності та біомаси популяції окремих видів риб, які ґрунтувались на віртуально-популяційному та когортному аналізах; основним завданням цих моделей було теоретичне обґрунтування математичних методів розрахунку запасів. Моделювання вилову стосувалось насамперед оцінки загальної величини промислового зусилля (з точки зору наявності «перелову») [7]. Динаміка структурних показників уловів в залежності від параметрів знарядь лову на сьогодні залишається недостатньо вивченою. Практична реалізація математичних моделей для рибодобувного промислу на дніпровських водосховищах знаходиться лише на початкових етапах.

Таким чином, математичне моделювання популяційних характеристик об'єктів промислового використання є важливим та актуальним завданням, спрямованим на вирішення як господарських, так і природоохоронних проблем.

Представлена модель базується на тому, що біомаса популяції є похідною від двох параметрів — суми чисельності та середньої індивідуальної маси всіх вікових класів, з яких вона складається. Дані параметри є динамічними і постійно змінюються в часі. Очевидно також, що чисельність кожного вікового класу постійно знижується внаслідок різних причин (виїдання хижаками, загибель від хвороб, нестача корму, вилов тощо) [8]. Маса, навпаки, постійно зростає, адже риба росте все життя. Причому в різні періоди життя питомі показники зменшення чисельності та приросту маси можуть відрізнятися, тобто залежності «вік-маса» та «вік-чисельність» мають нелінійний характер.

Таким чином, до певного вікового класу загальна біомаса популяції зростає, проте надалі смертність починає переважати над ваговим ростом, і біомаса починає знижуватися.

При цьому виникає ситуація, коли занадто ранній вилов спричинює втрати потенційної рибної продукції (риба не встигає набирати максимальних вагових показників) та, навпаки, коли частина можливого улову втрачається внаслідок природної загибелі [8]. Отже, перед вченими виникає питання щодо встановлення оптимальних параметрів знарядь лову, для забезпечення максимального вилову на одиницю поповнення.

Безпосереднім аналізом улову цей показник визначити неможливо, проте прогнозування кожного вікового класу у загальному улові можна досить точно визначити за допомогою математичних описів процесів зменшення чисельності та



збільшення улову певної генерації за весь її цикл рибпромислового використання.

Метою даного дослідження є побудування моделі, за допомогою якої можна отримати дані щодо динаміки популяційних характеристик досліджуваного виду при використанні різних стратегій вилову для пошуку оптимальних промислових параметрів. Для вирішення цього питання необхідно розв'язати наступні завдання:

- визначити кількість особин на початку кожного року;
- проаналізувати вікову структуру вилову для сітки з певним кроком вічка;
- порахувати загальний вилов з генерації при використанні певних сіток;
- підвести підсумки, знайти найвигідніший варіант промислового вилучення.

Об'єкт досліджень — популяція риб, яка експлуатується промислом (на прикладі плоскирки Київського водосховища).

Предмет досліджень — розмірно-вікова структура улову в залежності від кроку вічка в знаряддях лову, вагові показники за віковими класами, сукупний улов, популяційна плодючість.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

В основу моделі вікової структури в залежності від параметрів знарядь лову покладена концепція загальної смертності — показника, що характеризує зменшення чисельності за певний проміжок часу [8].

В промисловій іхтіології розрізняють два типи показників загальної смертності: коефіцієнт річної загальної смертності (φ_z), який показує величину відносного зменшення чисельності риб за рік та коефіцієнт миттєвої загальної смертності (Z), який відображає ступінь відносного скорочення чисельності риб за безкінечно малий проміжок часу $\left(\frac{dN}{dt} = -Z \cdot t \right)$ [9].

Коефіцієнт річної загальної смертності (φ_z) формується двома складовими — природною смертністю та промисловою. Остання складова відповідає питомій частці вилучених людиною особин за певний період часу (в подальших розрахунках приймалось: $t = 1$ рік).

У випадках, коли показники чисельності генерації, яка представлена в розрахунковому році певним віковим класом риб, в послідовні моменти часу є відомими, оцінку коефіцієнта миттєвої загальної смертності легко отримати, використовуючи формулу виживання [8]:

$$N_{it} = N_{i0} \cdot e^{-Zt}, \quad (2.1)$$

де N_{it} — чисельність i -ої генерації (вікового класу) в кінці року;

N_{i0} — чисельність i -ої генерації (вікового класу) на початку року;

Z — коефіцієнт миттєвої загальної смертності, який дорівнює: $Z = M + F$ (де M — коефіцієнт миттєвої природної смертності, F — коефіцієнт миттєвої



промислової смертності, який за відсутності вилову дорівнює нулю).

Коефіцієнт миттєвої смертності можна трансформувати у коефіцієнт річної смертності за формулою [9]:

$$\varphi_Z = 1 - e^{-Z}, \quad \varphi_F = 1 - e^{-F}, \quad \varphi_M = 1 - e^{-M}, \quad (2.2)$$

звідси:

$$\varphi_Z = 1 - e^{-(M+F)} = 1 - e^{-M} \cdot e^{-F}. \quad (2.3)$$

Коефіцієнт річної промислової смертності для генерації у цілому приймався як $\varphi_F = 0,25$ [3].

Для врахування різного розмірно-вікового складу в уловах сіток з різним кроком вічка використовували уточнений коефіцієнт річної промислової смертності:

$$\varphi_{Fi} = \varphi_F \cdot c_i, \quad (2.4)$$

де c_i — частка i -го вікового класу в уловах сіток з певним кроком вічка.

$$c_i = \frac{q_i}{\bar{q}},$$

де q_i — частка i -го вікового класу в улові сіток з певним кроком вічка;

\bar{q} — середня частка вікового класу в улові сіток з певним кроком вічка.

Зі співвідношень (2.2) та (2.3) отримуємо показник виживання i -ого вікового класу в даному році:

$$d_i = 1 - \varphi_Z = (1 - \varphi_{Fi}) \cdot (1 - \varphi_{Mi}). \quad (2.5)$$

Отже,

$$N_{it} = N_{i0} \cdot d_i. \quad (2.6)$$

Величина улову визначалась на підставі середньої фактичної маси вікових класів плоскирки Київського водосховища:

$$Y_i = N_{iy} \cdot \bar{m}, \quad (2.7)$$

де Y_i — улов i -го вікового класу в даному році, кг;

N_{iy} — кількість виловлених особин i -го вікового класу в даному році, екз.
($N_{iy} = N_{i0} \cdot \varphi_{Fi}$);

\bar{m} — середня маса особин i -го вікового класу, кг.

Крім суто рибогосподарських аспектів регулювання промислу в сучасних умовах, необхідно враховувати і біологічні, одним з яких є природне відтворення. Це питання розглядалось, з огляду на забезпечення максимальної популяційної плодючості, тобто кількості ікринок, які будуть вироблені плідниками в період розмноження.



Кількість продукрованої самицями ікри (P) визначалась на підставі середньої фактичної плодючості плоскирки Київського водосховища та чисельності кожного розмірного класу.

$$P_i = N_{io} \cdot \bar{p} \cdot 0,79, \quad (2.8)$$

де P_i — кількість ікри, яку продукують самиці i -го вікового класу в даному році, тис. шт.;

N_{io} — кількість особин i -го вікового класу в даному році, екз.;

\bar{p} — середня плодючість 1 самиці i -го вікового класу, тис. ікринок;

0,79 — середня частка самиць в популяції.

Для реалізації представленої моделі були використані результати польових досліджень, які здійснювались на Київському водосховищі впродовж 2017–2019 рр. Іхтіологічний матеріал відбирався з уловів контрольного порядку сіток із кроком вічка $a = 30\text{--}50$ мм. Всього за період досліджень було перевірено улови 740 сіткодіб контрольних сіток, з яких проаналізовано 4683 екз. плоскирки. Індивідуальні біологічні характеристики (вік, довжину, масу, абсолютну плодючість) визначали за загальноприйнятими методиками [1, 2] з усередненням за віковими класами. Середні довжина та маса малочисельних в уловах вікових груп (одно-, дворічки) прийняті за даними зворотнього розчислення росту та середніх коефіцієнтів вгодованості для молодших вікових груп.

Віковий склад плоскирки в уловах сіток з різними кроком вічка визначали на основі її розмірної структури, з перерахунком за допомогою кореляційних таблиць, створених на підставі емпіричних залежностей «довжина–вік» [3]. Природна смертність, диференційована за віком, визначалась на підставі параметрів рівняння Берталанфі [13].

У всіх варіантах перерахунок проводився на одиницю поповнення (1000 однорічок).

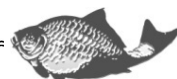
Обчислення проводили на комп'ютері в електронних таблицях «MS Excel 2016».

Дисперсійний аналіз (ANOVA) розмірного складу уловів проводили за критерієм Тьюкі–Крамера попарно для кожного кроку вічка за допомогою програми «JMP IN 10» [14].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень 2017–19 рр. встановлено, що віковий склад плоскирки в уловах контрольного порядку сіток складався з 12 класів, основу популяції (86,4...91,0%) складали чотири–семирічки.

Основний улов плоскирки за масою (57,3% від загального улову порядком) у 2017 р. припадав на сітки з кроком вічка $a = 40\text{--}50$ мм; за чисельністю (68,5%) — на сітки з $a = 36\text{--}40$ мм. За даними досліджень 2018 р., основний улов плоскирки як за чисельністю (76,2% від загального улову порядком), так і масою (69,8%) припав на сітки з кроком вічка $a = 36\text{--}40$ мм. Аналогічна картина була відмічена і



для 2019 р. — основний улов припав на сітки з кроком вічка $a = 36\text{--}40$ мм — 77,2% за чисельністю та 67,5% за масою.

Таким чином, для оцінки селективності сіток з різним кроком вічка відносно розмірних груп плоскирки були використані сітки з кроком вічка $a = 30, 36, 38, 40$ та 50 мм, які складають базовий набір дрібновічкових сіток, дозволених Правилами промислового рибальства та найбільш уловистих відносно до плоскирки.

Зведені дані щодо середніх біологічних показників плоскирки, які використовувалися для розрахунків за формулами 2.5–2.8, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Біологічні показники плоскирки Київського водосховища (усереднені за 2017–19 рр.)

Table 1. Biological features of white bream in Kyiv reservoir (average on 2017–19)

Вікові класи, років / Classes of ages, years	Показники / Features			
	Середня довжина, см / Average length, cm	Середня маса, г / Average weight, g	Середня плодючість, тис. ікринок / Average fertility, thousand roe	Коефіцієнт природної смертності / Natural mortality rate
1	5,2±0,2	3,6±0,5	-	0,57
2	10,2±0,4	27,3±1,8	-	0,41
3	15,8±0,5	101,9±5,0	21,7±1,0	0,32
4	17,9±0,7	147,7±23,7	30,8±4,9	0,26
5	19,1±0,3	179,6±24,4	42,1±5,2	0,23
6	21,1±0,4	233,6±17,4	66,1±4,5	0,21
7	23,1±0,6	314,1±20,6	88,4±6,3	0,20
8	24,5±0,3	377,6±29,6	99,7±7,5	0,19
9	26,4±0,6	484,9±44,2	125,1±12,1	0,18
10	27,7±0,4	565,4±30,1	137,4±7,3	0,17
11	28,9±0,6	655,8±6±4,7	159,4±15,7	0,17
12	30,2±0,3	718,8±74,1	174,7±18,0	0,17

У результаті математичної обробки первинних даних щодо розмірного складу уловів плоскирки в сітках з різними кроком вічка були отримані показники вікового складу уловів сіток з кроком вічка $a = 30, 36, 38, 40$ та 50 мм (табл. 2).



Таблиця 2. Розрахована вікова структура уловів плоскирки Київського водосховища в сітках з різним кроком вічка, %

Table 2. The calculated age structure of white bream in the Kyiv reservoir from gill-nets with different mesh size, %

Вікові класи / Classes of ages, years	Крок вічка в сітках, мм / Mesh size, mm				
	30	36	38	40	50
2	5,25	0,00	0,00	0,00	0,00
3	53,10	3,69	0,10	0,29	0,00
4	34,34	48,72	28,33	11,89	0,00
5	7,01	39,95	48,81	25,45	7,33
6	0,30	7,13	18,32	30,12	19,62
7	0,00	0,51	4,18	25,16	37,53
8	0,00	0,00	0,26	5,26	23,01
9	0,00	0,00	0,00	1,28	10,46
10	0,00	0,00	0,00	0,31	1,19
11	0,00	0,00	0,00	0,13	0,63
12	0,00	0,00	0,00	0,11	0,22
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01

З таблиці 2. випливає, що величина показника \bar{q} з рівняння (2.4.) для сіток з кроком вічка $a = 30, 36, 38$ мм склала 20,0, для сіток з кроком вічка $a = 40$ мм — 16,4 та $a = 50$ мм — 16,5.

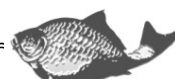
Підсумкові результати, отримані при реалізації моделі, зведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Модальні значення популяційних показників плоскирки при використанні сіток з різним кроком вічка

Table 3. Modelling parameters of white bream population features impacted by gill-nets with different mesh size

Крок вічка / Mesh size	Загальний улов від генерації, кг / Total catch from generation, kg	Середня маса в уловах, кг / Average weight in catches, kg	Середній вік в уловах, років / The average age in catches, years	Загальна популяційна плодючість, млн ікринок / Total population fertility, million of roe
$a = 30$ мм	8,4	0,09	2,9	8,1
$a = 36$ мм	9,4	0,15	4,1	11,9
$a = 38$ мм	10,5	0,16	4,5	14,0
$a = 40$ мм	12,9	0,19	5,0	15,3
$a = 50$ мм	12,3	0,26	6,2	16,0

Діючими Правилами промислового рибальства мінімально дозволеним кроком вічка в сітках для вилову плоскирки є 30 мм [12]. З таблиці 3 видно, що ці сітки, а також сітки з $a = 36$ мм є далеко не оптимальними при промислі



плоскирки як з точки зору величини улову на одиницю поповнення і середньої маси виловленої риби, так і для забезпечення нормальної популяційної плодючості. Найбільший улов (у ваговому вираженні) на одиницю поповнення буде забезпечений за рахунок використання сіток з кроком вічка $a = 40$ мм. Проте, найвища популяційна плодючість може бути досягнута за рахунок сіток з кроком вічка $a = 50$ мм.

Прогнозне накопичення улову сітками з різними кроком вічка представлено на рис. 1.

З рисунка 1 видно, що використання сіток з кроком вічка 30–36 мм дають помітний (на рівні 50% від максимального) улов вже через 1–2 роки після початку промислового використання, тоді як для сіток з кроком вічка $a = 40$ –50 мм цей період складає 4–5 років, проте це буде зкомпенсовано збільшенням уловів у наступні роки.

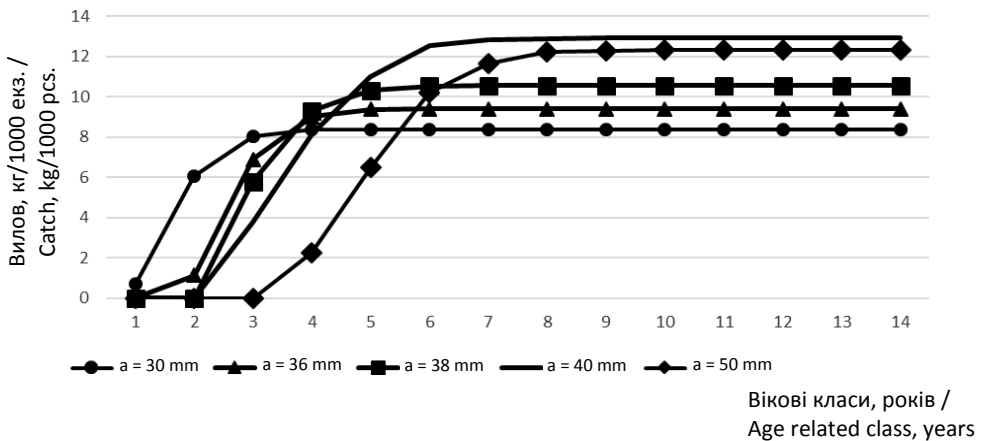


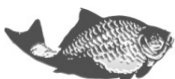
Рис. 1. Накопичення улову плоскирки в залежності від кроку вічка в сітках

Fig. 1. Accumulation of white bream catch depending on a mesh-size of gill-nets

Представлена модель описує динаміку якісних (вікова та вагова структура) та кількісних (загальна маса) показників улову ляща Кременчуцького водосховища при використанні сіток зі стандартним для дніпровських водосховищ кроком вічка. Розрахунки за даною моделлю здійснюються лише для однієї генерації, що дозволяє уникнути похибки, пов'язаної з нерівномірним поповненням популяції в окремі роки (що відбувається в реальній природі).

Отримані результати моделювання вилову на одиницю поповнення плоскирки сітками з різними кроком вічка показали, що найоптимальнішим з рибогосподарської та біологічної точок зору є промисел сітками з кроком вічка 40–50 мм, які за рахунок перенесення навантаження на п'яти-семирічних особин забезпечують високі стабільні улови зі збереженням високої популяційної плодючості.

Розрахунки, проведені у відповідності до представленої моделі, показують,



що оптимальними сітками для промислу плоскирки Київського водосховища є сітки з кроком вічка $a = 40\text{--}50$ мм; їх використання у порівнянні з сітками з кроком вічка $a = 30$ мм забезпечить зростання вилову у 1,5 раза та збільшить прогнозу популяційну плодючість у 1,93 раза.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Практична реалізація наукових рекомендацій щодо зміни кроку вічка в знаряддях лову часто стикається з питанням щодо її очікуваної ефективності, в тому числі, в частині реального впливу на розмірний склад уловів при невеликому збільшенні кроку вічка. Зокрема, заборона на промислі сіток з кроком вічка $a = 36$ мм буде супроводжуватися масовим використанням сіток з $a = 38$ мм, що потребує окремої статистичної оцінки щодо достовірності зміни структури варіаційного ряду в уловах. З цією метою нами був проведений попарний дисперсійний аналіз розмірного складу уловів плоскирки, як основного аборигенного дрібночастикового виду, для всього набору кроку вічка, який передбачений Правилами промислового рибальства.

У результаті встановлено, що показники середньої довжини плоскирки в сітках з різним кроком вічка значно варіювали між собою (дисперсійний аналіз (ANOVA) для 2019 р.: $F_{4, 1306} = 582,8$; $p < 0,0001$), де особини з найменшим розміром потрапляли до сіток з $a=30$ мм (середня довжина $16,8\pm 0,12$ см), особини з максимальним розміром — до сіток з $a = 50$ (середня довжина $21,8\pm 0,07$ см). Були виявлені значні відмінності в розмірах риб для кожної пари сіток, що порівнювалися, в тому числі достовірна різниця для сіток з $a = 36\text{--}38\text{--}40$ мм (критерій Тьюкі–Крамера, $\alpha < 0,05$).

Таким чином, зміна кроку вічка в промислових дрібновічкових сітках, навіть в межах 2 мм, вплине на розмірний склад уловів плоскирки, тобто її ефективність в частині регламентації оптимальних розмірів вилучених риб може вважатися прийнятною.

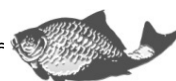
Запропоновано та апробовано математичний апарат, який дозволяє прогнозувати улов на одиницю поповнення. Показана можливість використання показників смертності, диференційованих в залежності від кроку вічка в ставних сітках, для розробки оптимальної стратегії промислу.

В основу моделі покладене рівняння виживання із введенням уточнюючих коефіцієнтів, які відображають залежність лінійних розмірів (віку) риб від кроку вічка в рибальських сітках.

Розрахунок за фактичними розмірно-віковими характеристиками ляща показав, що існуючі нормативи промислу не відповідають сучасним характеристикам його популяції у Кременчуцькому водосховищі. Для забезпечення ошадливого та раціонального промислу, мінімальний крок вічка в промислових сітках слід збільшити до 80 мм. Це забезпечить 25%-ве зростання вилову та збільшить прогнозу популяційну плодючість у 3...6 разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 243 с.



2. Чугунова И. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. Москва : АН СССР, 1959. 164 с.
3. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилучення рыб з великих водосховищ і лиманів України : Затв. наказом Держкомрибгоспу України № 166 від 15.12.98. Київ, 1998. 47 с.
4. Punt A. E., Hilborn R. Biomass dynamic models. User's manual. Rome : FAO computerized Information Series (Fisheries), 1996. 62 p.
5. Lassen H., Medley P. Virtual population analysis – a practical manual for stock assessment. Rome : FAO Fisheries Technical Paper, 2000. 129 p.
6. Shlyakhov V. Fisheries and biological information and the stock assesment of Turbot in Ukranian waters of the Black Sea // Pratsi Pivdennoho NDI morskoho rybnoho hospodarstva ta okeanohrafii. 2014. № 52. P. 24—45.
7. Діденко О. В. Моделювання змін популяцій та запасів основних промислових видів рыб Канівського та Кременчуцького водосховищ : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. іхтіол. наук : 03.00.10. «Іхтіологія». Київ, 2008. 24 с.
8. Шибаев С. В. Промысловая ихтиология. Москва : Проспект науки, 2007. 400 с.
9. Засосов А. В. Теоретические основы рыболовства. Москва : Пищевая промышленность, 1970. 291 с.
10. Озінковська С. П., Христенко Д. С. Динаміка плодючості ляща (*Abramis brama* L.) Кременчуцького водосховища // Рибне господарство. 2006. Вип. 65. С. 117—122.
11. Методика розрахунку збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок порушень правил рибальства та охорони водних живих ресурсів : Затв. наказом Мінагрополітики України та Мінприроди України № 248/273 від 12.07.2004. Київ, 2004. 14 с.
12. Правила промислового рибальства у внутрішніх рибогосподарських водних об'єктах України : Затв. наказом Державного комітету рибного господарства України №33 від 18.03.99. Київ, 1999. 24 с.
13. Caddy J. F. Death rates and time intervals: is there an alternative to the constant natural mortality axiom // Revue on Fish Biology Fisheries, 1991. Vol. 1. P. 109—138.
14. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистика в науке и бизнесе. Киев : МОРИОН, 2002. 640 с.

REFERENCES

1. Pravdin, I. F. (1966). *Rukovodstvo po izucheniju ryb*. Moskva: Pishhevaja prom-t'.
2. Chugunova, I. I. (1959). *Rukovodstvo po izucheniju vozrasta i rosta ryb*. Moskva: AN SSSR.
3. *Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnykh materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy: Zatv. nakazom Derzhkomrybhospu Ukrainy № 166 vid 15.12.98.* (1998). Kyiv.
4. Punt, A. E., & Hilborn, R. (1996). *Biomass dynamic models. User's manual*. Rome : FAO computerized Information Series (Fisheries).



5. Lassen, H., & Medley, P. (2000). *Virtual population analysis – a practical manual for stock assessment*. Rome : FAO Fisheries Technical Paper.
6. Shlyakhov, V. (2014). Fisheries and biological information and the stock assesment of Turbot in Ukrainian waters of the Black Sea. *Trudy Juzhnogo NII morskogo rybnogo hozhajstva i okeanografii*, 52, 24-45.
7. Didenko, O. V. (2008). Modeliuvannia zmin populiatsii ta zapasiv osnovnykh promyslovykh vydiv ryb Kanivskoho ta Kremenchutskoho vodoshkovyshch. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv.
8. Shibaev, S. V. (2007). *Promyslovaja ihtiologija*. Moskva: Prospekt nauki.
9. Zasosov, A. V. (1970). *Teoreticheskie osnovy ribolovstva*. Moskva: Pishhevaja prom-t'.
10. Ozinkovska, S. P., & Khrystenko, D. S. (2006). Dynamika plodiuchosti liashcha (*Abramis brama* L.) Kremenchutskoho vodoshkovyshcha. *Rybne hospodarstvo*, 65, 117-122.
11. *Metodyka rozrakhunku zbytkiv, zapodiianykh rybnomu hospodarstvu vnaslidok porushen pravyl rybalstva ta okhorony vodnykh zhyvykh resursiv* : Zatv. nakazom Minahropolityky Ukrainy ta Minpryrody Ukrainy №248/273. vid 12.07.04. (2004). Kyiv.
12. *Pravyly promysloвого rybalstva u vnutrishnikh rybohospodarskykh vodnykh ob'iektakh Ukrainy*: Zatv. nakazom Derzhavnoho komitetu rybnoho hospodarstva Ukrainy №33. vid 18.03.99 (1999). Kyiv.
13. Caddy, J. F. (1991). Death rates and time intervals: is there an alternative to the constant natural mortality axiom. *Revue on Fish Biology Fisheries*, 1, 109-138.
14. Lapach, S. N., Chubenko, A. V., & Babich, P. N. (2002). *Statistika v nauke i biznese*. Kyiv: Morion.

