

УДК 597.2/.5:574.587.018.3

*В. В. Заморов, Є. Ю. Леончик, М. П. Заморова,
М. М. Джуртубаєв*

**МЕТОД ОЦІНКИ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ І
БІОМАСИ РИБ-БЕНТОФАГІВ КОНТИНЕНТАЛЬНИХ
ВОДОЙМ ЗА СТАНОМ МАКРОЗООБЕНТОСУ**

Метод полягає у вивченні кормової бази водойми та живлення риб і аналізі їх розмірно-вікового складу. Спочатку обчислюється сумарна продукція всього кормового макрозообентосу за вегетаційний період на одному гектарі водойми, за рахунок якої риба здійснює енергетичний, пластичний та генеративний обміни. На цьому етапі враховуються кількісні показники, калорійність, темп відтворення кормових організмів, що знаходяться у водоймі, і допустимий ступінь утилізації органічної речовини. Окремо для кожної вікової групи усіх видів риб (з урахуванням статі) розраховується кількість енергії, необхідна для здійснення життєвих функцій і оптимального росту. Такий метод відрізняється тим, що враховує особливості біології досліджуваних видів риб, а тому забезпечує більш високу точність оцінки порівняно з методами, які застосовуються у рибористві і базуються лише на розрахунку загального значення кормового коефіцієнту. Запропонований метод дає можливість розрахувати потенційну чисельність і біомасу окремих видів риб у водоймі.

Ключові слова: макрозообентос, розмірно-віковий склад, потенційна чисельність і біомаса риб.

Одним із найбільш актуальних завдань сучасних досліджень кількісної динаміки стада риб є розробка моделей, які дозволяють об'єднувати переваги традиційних аналітичних підходів з можливістю достатньо повного врахування ролі ключових чинників, які визначають динаміку популяцій і їх кількісні показники. Велике значення для розв'язання зазначеної проблеми має глибокий аналіз і інтерпретація біологічних механізмів впливу різноманітних умов на життя риб та розуміння ролі цих механізмів у змінах чисельності і біомаси популяцій.

Потенційну чисельність (біомасу) риб досліджують для рибпромислової оцінки водойм і меж їх продуктивних можливостей. Рибопроодуктивність, з одного боку, визначається біологічними якостями риб, ступенем і формою їх господарського освоєння. З іншого боку, вона залежить від абіотичних і біотичних складових екосистем водойм: гідрологічних і гідрохімічних умов, видового складу риб, розвитку природної кормової бази, яка для риб-бентофагів континентальних водойм охоплює черв'яків, личинок комах, ракоподібних, молюсків і інші групи зообентосу. Велике значення для досягнен-

© В. В. Заморов, Є. Ю. Леончик, М. П. Заморова, М. М. Джуртубаєв, 2016

ня високої рибопродуктивності має успішність живлення риб, ступінь використання ними кормової бази.

Метод, який розглянуто у цій роботі, відноситься до галузі прогнозування рибопродуктивності континентальних водойм у природних умовах і дозволяє розрахувати потенційну чисельність і біомасу риб за станом їх кормової бази (макрозообентосу).

Наразі існує велика кількість керівництв і методичних розробок з вивчення живлення риб у водоймах, які використовуються в рибористві. Для оцінки рибопродуктивності штучних водойм застосовують кормовий коефіцієнт, що дозволяє не враховувати особливості конкретного виду риб і динаміку екологічних чинників водойми [2]. За таким підходом можна отримати достатньо об'єктивну оцінку рибної продукції у водоймах, які знаходяться під контролем людини, що дозволяє значною мірою впливати на стан їх кормової бази. Але цей спосіб не дає можливості розрахувати потенційну чисельність риб у природних водоймах, тому що не враховує харчових потреб окремих видів, їх трофічні стосунки в іхтіоценозі та коливання екологічних чинників.

Запропонована методика враховує особливості енергетичного, пластичного та генеративного обмінів досліджуваних видів риб, їх віковий, розмірно-масовий і статевий склад, середню температуру водойми під час їх активного росту і тривалість цього періоду. Це дає можливість розрахувати потенційну рибопродукцію водойми з більш високою точністю.

Перший етап. Вивчення живлення риб починається зі збору матеріалу шляхом вилову об'єктів досліджень різними знаряддями. У різних екологічних умовах живлення видів може суттєво відрізнятися, тому збір матеріалу для вивчення харчової поведінки риб бажано проводити в усі сезони року на всій площі водойми. Методи збору, вказівки відносно необхідної кількості особин у пробі, їх фіксації, етикетування проб і ведення польового журналу є в різних інструкціях і керівництвах щодо вивчення живлення риб [3, 4 та ін.].

Одночасно з виловом риб у тому ж місці необхідно відбирати проби зообентосу для встановлення кормової бази водойми або її конкретної ділянки. Лабораторна обробка проб бентосу проводиться за загальноприйнятими методиками [5, 6, 7 та ін.]. Цим закінчується перший етап — збір даних, необхідних для обчислень.

Другий етап. Визначення продуктивності зообентосу водойми. Для цього розраховується біомаса (кг/га) організмів кожного таксону за вегетаційний період за формулою [2]

$$P = k \cdot B \cdot P/B \cdot 10,$$

де B (г/м²) — щільність організмів на одиницю площі; P/B — коефіцієнт відношення продукції за певний відрізок часу до середньої біомаси за цей же період; k — коефіцієнт використання продукції, допустимий ступінь

утилізації органічної речовини; останній множник 10 використовується для конверсії г/м^2 у кг/га .

Далі енергетичний еквівалент (Дж/г або кДж/кг) кожної групи кормових організмів множиться на встановлене значення біомаси P і підсумовується енергетичний внесок кожної групи. Таким чином, можемо обчислити сумарну продукцію всіх груп кормових організмів водойми на одному гектарі за вегетаційний період. Розрахунки проілюструємо прикладом, характерним для континентальних водойм України.

Приклад 1. Обчислимо значення енергетичного еквіваленту (МДж/га) організмів усіх груп макрозообентосу придунайського оз. Кагул за 2012 р. (кг/га). Для цього використовуємо встановлені для озера P/B -коефіцієнти [1]. Допустимий ступінь утилізації органічної речовини k вважаємо рівним $50\% = 0,5$ [2]. Для олігохет $k = 0,5$, $B = 3,83 \text{ г/м}^2$, $P/B = 5$ і енергетичний еквівалент — 3910 Дж/г . У цьому випадку $P = 0,5 \cdot 3,83 \cdot 5 \cdot 3910 \cdot 10 = 374,4 \text{ МДж/га}$ ($95,8 \text{ кг/га}$).

Аналогічно отримуємо значення для інших груп макрозообентосу:

Амфіподи: $0,5 \cdot 1,80 \cdot 5 \cdot 2950 \cdot 10 = 132,8 \text{ МДж/га}$ ($45,0 \text{ кг/га}$).

Мізиди: $0,5 \cdot 1,00 \cdot 10 \cdot 4790 \cdot 10 = 239,5 \text{ МДж/га}$ ($50,0 \text{ кг/га}$).

Хірономіди: $0,5 \cdot 4,70 \cdot 21 \cdot 4640 \cdot 10 = 2289,8 \text{ МДж/га}$ ($493,5 \text{ кг/га}$).

Молюски червононогі: $0,5 \cdot 4,15 \cdot 2 \cdot 2260 \cdot 10 = 93,8 \text{ МДж/га}$ ($41,5 \text{ кг/га}$).

Молюски двостулкові: $0,5 \cdot 23,2 \cdot 2 \cdot 1990 \cdot 10 = 461,7 \text{ МДж/га}$ ($232,0 \text{ кг/га}$).

Таким чином, сумарна продукція цих груп макрозообентосу в оз. Кагул за вегетаційний період 2012 р. дорівнювала $3591,9 \text{ МДж/га}$ ($957,8 \text{ кг/га}$).

Третій етап. Встановлення добового раціону кожної вікової групи риб усіх видів, що досліджуються. Харчові потреби визначаються кількістю енергії, яка необхідна для здійснення життєвих функцій і оптимального росту. Таким чином, метод розрахунку раціону заснований на балансі надходження в організм енергії і витрат на життєві функції і приріст маси і відходу незасвоєної частини.

Для визначення добового раціону C , необхідного дорослій статевозрілій особині, користуються такою формулою балансу енергії [3]:

$$C = R + L + Q + F,$$

де R — витрати енергії на основний обмін; L — витрати енергії на пластичний обмін; Q — витрати енергії на генеративний ріст; F — незасвоєна частина спожитої їжі.

Для молоді значення Q можна вважати рівним нулю. Одиниця виміру всіх доданків у цій формулі — $\text{г}\cdot\text{екз}^{-1}\cdot\text{доба}^{-1}$ або $\text{Дж}\cdot\text{екз}^{-1}\cdot\text{доба}^{-1}$. Обчислюємо значення всіх значень правої частини цієї формули.

1) *Енергетичний обмін*. Для розрахунку таких витрат використовують формулу [4]:

$$R = 731,88 \cdot a \cdot W_k / q \cdot C_c,$$

де W — середня маса особини даної вікової групи (г); a і k — коефіцієнти з рівняння швидкості споживання кисню даним видом риби; q — температурна поправка, що дорівнює співвідношенню швидкості обміну при температурі 20°C і конкретній температурі $q = 2,3^{2-0,1 \cdot T}$; C_c — енергетичний еквівалент сирової речовини риби ($\text{Дж}\cdot\text{г}^{-1}$). Для дорослих риб всіх видів це значення приймають рівним $4184,0 \text{ Дж}\cdot\text{г}^{-1}$.

Значення константи 731,88 виходить як добуток $24 \cdot 1,5 \cdot 20,33$, де 24 — кількість годин у добі, 1,5 — прийняте співвідношення середньої швидкості обміну у природних і стандартних (штучних) умовах, 20,33 — енергетичний еквівалент кисню.

Приріст маси риб визначають ретроспективним шляхом — відніманням від середньої маси особини даної вікової групи середньої маси особини попередньої вікової групи. При цьому температурну поправку q обчислюють за середньою температурою, при якій відбувалося живлення риби, а період росту зазвичай становить близько 6—8 місяців, тобто 183—244 дні. Точні дані відносно періоду росту для певного виду риб завжди можна знайти в іхтіологічній літературі.

2) *Пластичний обмін*. Витрати енергії на приріст маси за добу розраховують за формулою [4]:

$$L = C_w \cdot W,$$

де W — середня маса особини (г); C_w — питома швидкість її росту. Значення C_w може бути обчислено таким чином:

$$C_w = 1/t \cdot \ln W_2 / W_1,$$

де W_1 — маса риби на початку досліджень (г); W_2 — маса риби наприкінці досліджень (г); t — тривалість періоду росту у добах.

3) *Генеративний обмін*. Для розрахунку раціону статевозрілої особини необхідно мати дані генеративного росту. Далі середньодобовий приріст маси гонад визначають так само, як і приріст маси риб. Якщо під час періоду росту відбувається кілька нерестів, то результат для кожного з них розраховується окремо аналогічним чином.

4) *Незасвоєна частина раціону*. При споживанні тваринної їжі її незасвоєну частину приймають рівною 20%, виключно рослинної їжі — 40—50%,

змішаної їжі у рівній пропорції — 30—35% [3]. Якщо значення добового раціону C ще не визначено, то зручніше замість обчислення величини F на підставі вищенаведених даних ввести множники p у залежності від типу живлення — відповідно 1,25, 1,50 і 2,00. Для проміжних значень співвідношення між рослинною і тваринною їжею обчислення множника p пропонуємо проводити з використанням наступної емпіричної формули, де через r позначена частка рослинної їжі у раціоні:

$$p = 0,50 r^2 + 0,25 \cdot r + 1,25.$$

Ця формула узагальнює відомі результати, якщо r дорівнює 0, 0,5 або 1 і надає можливість виконати розрахунки у випадку довільного значення r .

Четвертий етап. Обчислення середнього значення раціону для всіх видів риб з урахуванням співвідношення їх статей. Для цього розраховуємо загальну кількість N особин всіх видів риб водойми за формулою:

$$N = \sum_i P_i / \sum_j w_j \cdot K_j,$$

де P_i — продукція для кожного таксону кормового макрзообентосу водойми (кДж/га); w_j — частка кожного виду риби у даній водоймі, яка визначається на підставі контрольних виловів; K_j — середньозважений раціон за вегетаційний період кожного виду риби даної водойми (кДж/екз.). Розрахунки цього етапу проілюструємо наступним прикладом.

Приклад 2. На підставі контрольних виловів з'ясуємо віковий склад бичка-пісочника *Neogobius fluviatilis* (Pallas) в оз. Кагул у 2012 р. і для кожної вікової групи розраховуємо раціон згідно з методом третього етапу (табл. 1).

Також важливо знати статевий склад риб у популяції. Якщо відоме співвідношення самців і самок за результатом контрольних ловів, то обчислити їх відносну чисельність досить легко. Наприклад, якщо це співвідношення становить 1:1,25, то кількість самців і самок буде відповідно

$$(1/1 + 1,25) \cdot 100\% = 44,4\% \text{ і } 100\% - 44,4\% = 55,6\%.$$

Отже середнє значення раціону самців становить

$$0,709 \cdot 471,2 + 0,271 \cdot 556,3 + 0,020 \cdot 647,5 = 497,9 \text{ кДж/екз.}, \text{ а самок } 0,584 \cdot 414,3 + 0,372 \cdot 502,4 + 0,044 \cdot 592,7 = 454,9 \text{ кДж/екз.}$$

Таким чином, з урахуванням співвідношення статей (44,4 і 55,6%) отримуємо, що середньозважене значення раціону особини бичка-пісочника за період росту становить $497,9 \cdot 0,444 + 454,9 \cdot 0,556 = 474,0$ кДж/екз.

Аналогічно обчислимо середньозважений раціон промислових видів риб оз. Кагул карася сріблястого *Carassius gibelio* (Bloch), сазана (коропа звичайного) *Suprinus carpio* Linnaeus і ляща звичайного *Abramis brama* (Linnaeus), які також споживають бентос (табл. 2).

1. Віковий склад і раціон бичка-пісочника в оз. Кагул

Вік, роки	Відносна чисельність особин, %	Раціон особин вікової групи за вегетаційний період, кДж/екз.
Самці		
1+	70,9	471,2
2+	27,1	556,3
3+	2,0	647,5
Самки		
1+	58,4	414,3
2+	37,2	502,4
3+	4,4	592,7

2. Середньозважений раціон і відносна чисельність риб-бентофагів оз. Кагул

Види риб	Раціон особини виду за вегетаційний період (K_j), кДж/екз.	Відносна чисельність виду у водоймі (w_j), %
Лящ	5259,2	11,5
Карась	4780,7	55,9
Сазан	14675,1	0,5
Бичок-пісочник	474,0	32,1

Виконати такий обсяг обчислень технічно досить складно, тому для розрахунків рекомендується використовувати будь-яку призначену для таких завдань комп'ютерну програму, наприклад MS Excel.

П'ятий етап. Оцінка потенційної чисельності і біомаси риб-бентофагів. Спочатку розраховуємо середньозважені раціони всіх риб-бентофагів водойми:

$$0,115 \cdot 5259,2 + 0,559 \cdot 4780,7 + 0,005 \cdot 14675,1 + 0,321 \cdot 474,0 = 3502,7 \text{ кДж/екз.}$$

Як встановлено у прикладі 1, продукція зообентосу за сезон дорівнює 3591,9 МДж/га. Тоді потенційна кількість особин на 1 га (щільність) може досягати $(3591,9/3502,7) \cdot 1000 = 1025,5$ екз/га. Множник 1000 з'явився внаслідок того, що продуктивність водойми вимірювалась у МДж/га, а раціон риб у кДж.

Отже потенційна щільність кожного виду із врахуванням їх відносної чисельності (див. табл. 2) становить:

$$\text{Лящ: } 1025,5 \cdot 0,115 = 117,9 \text{ екз/га;}$$

$$\text{Карась: } 1025,5 \cdot 0,559 = 573,3 \text{ екз/га;}$$

Сазан: $1025,5 \cdot 0,005 = 5,1$ екз/га;

Бичок-пісочник: $1025,5 \cdot 0,321 = 329,2$ екз/га.

На підставі контрольних умов визначається середня маса особини кожного виду. Оскільки для ляща оз. Кагул це значення становило 0,317 кг, то його питома біомаса дорівнювала $0,317 \cdot 117,9 = 37,4$ кг/га. Інші промислові риби-бентофаги мали такі показники: карась — 0,274 кг і 157,1 кг/га, сазан — 1,128 кг і 5,8 кг/га, бичок-пісочник — 0,005 кг і 1,6 кг/га.

Відзначимо, що розраховане значення не відповідає реальній чисельності риб, які мешкають у розглянутій водоймі, а вказує на можливості її кормової бази, тобто, визначає максимальну кількість особин видів риб при їх певному співвідношенні, що може прогнудуватись у цій екосистемі.

Висновки

Оцінка рибопродуктивності континентальних водойм у зв'язку із сучасним станом кормової бази — актуальна задача гідробіології. Розроблений метод дозволяє оцінити потенційну рибопродуктивність озер, визначити її максимально допустимі значення в залежності від екологічної ситуації. Метод можна застосовувати у різних регіонах України, негативний вплив на екосистеми при цьому буде мінімальним. Він також може використовуватись на підприємствах і установах Державного агентства рибного господарства України з метою раціонального використання живих водних ресурсів континентальних водойм.

**

Метод определения потенциальной численности и биомассы рыб-бентофагов включает анализ кормовой базы водоема и размерно-возрастного состава популяций рыб. Сначала вычисляют суммарную продукцию всего кормового макрозообентоса водоема за вегетационный период, которую рыбы используют на основной, пластический и генеративный обмен. Далее, учитывая биологические особенности исследуемых видов рыб, рассчитывают общее количество особей рыб, после чего на основании соотношения относительной численности видов и средневзвешенной массы каждого из них в уловах определяют общую биомассу всех рыб и их отдельных видов в водоеме.

**

The method of determination the potential abundance and biomass of benthophagous fish in inland waters includes analysis of feeding base of a water body and size and age structure of fish populations. First of all, total bioproduction of all forage macrozoobenthos, which is used by fish in standard, plastic and generative metabolism, over the vegetation period is calculated. Further, considering biological characteristics of the studied species and fluctuation of environmental factors, total number of individuals of all species in a water body is calculated. Finally, on the basis of the relative abundances of all species and average mass of each species in catches, total biomass of fish and separate species in the water body is determined.

**

1. *Владимиров М. З., Тодераш И. К.* Зообентос // Озеро Кагул / Под ред. М. Ф. Ярошенко. — Кишинев: Штиинца, 1979. — С. 75—86.
2. *Кражан С. А., Хижняк М. І.* Природна кормова база рибогосподарських водойм: навч. пос. — Херсон: Олді-плюс, 2011. — 330 с.
3. *Мельничук Г. А.* Методические рекомендации по применению современных методов изучения питания рыб и расчета рыбной продукции по кормовой базе в естественных водоемах. — Л.: ГосНИОРХ, 1982. — 28 с.
4. *Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Отв. ред. Е. В. Боруцкий* — М.: Наука, 1974. — 254 с.
5. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция / Под ред. Г. Г. Винберга, Г. М. Лаврентьева.* — Л.: ГосНИОРХ, 1981. — 31 с.
6. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Под ред. Г. Г. Винберга, Г. М. Лаврентьева.* — Л.: ГосНИОРХ, 1982. — 34 с.
7. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Под ред. Г. Г. Винберга, Г. М. Лаврентьева.* — Л.: ГосНИОРХ, 1984. — 52 с.