

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОСЕТРОПОДІБНИХ

В.О. КОРНІЄНКО – к.с.-г.н., доцент, Херсонський ДАУ

Постановка проблеми. Розвиток сучасного осетрівництва стримується відсутністю необхідної кількості якісного посадкового матеріалу, отримання якого є достатньо складним елементом технології навіть за умов необхідної кількості плідників. Процес отримання життєстійкого посадкового матеріалу є найбільш складним етапом технології. Саме в цей час в організмі молоді відбуваються кардинальні зміни морфології систем та органів, фізіології життєвих процесів. Такі зміни роблять молодь у цей час досить вибагливою до умов існування. Спостерігається підвищена вразливість об'єктів культивування з тої причини, що системи органів знаходяться в стані формування, початку діяльності та первинної адаптації до умов середовища. З цим пов'язана велика трудомісткість технологічних операцій, громіздкість обладнання, відносно високі вимоги до дотримання технологічних параметрів. В аспекті збільшення об'ємів отримання життєстійкого посадкового матеріалу осетроподібних основним фактором є інтенсифікація штучного розведення молоді на підприємствах різного типу, що потребує адаптації існуючих технологій до умов конкретних рибничих підприємств. Створення сучасної адаптованої технології отримання життєстійкого посадкового матеріалу для потреб різних за профілем рибничих підприємств дозволить вирішити актуальні проблеми реакліматизації, доместикації та забезпечення відповідних рибничих підприємств матеріалом для товарного вирощування осетроподібних. Природно, що відповідні підприємства висувають неоднакові вимоги до якості посадкового матеріалу, його фізіологічного статусу та загальних екстер'єрних показників. Вирішення задач отримання різноякісного посадкового матеріалу осетроподібних сьогодні потребує застосування новітніх інструментів, одним із яких виступає математичне моделювання технологічних процесів.

Стан вивчення проблеми. Біологічні основи принципу математичного моделювання в рибництві були сформульовані в середині минулого сторіччя. Застосовувалося воно як математичне відображення кількісних сторін ходу того чи іншого біологічного процесу, як, наприклад, динаміки чисельності стада, динаміки біомаси популяції тощо. Головним чином, математичне моделювання застосовувалося

при аналізі стану запасів, складанні рекомендацій промислу, техніки рибальства і знайшло своє відображення в роботах Ф.І.Баранова, Г.В. Нікольського, Бівертона Р., Холта С. та інших [1, 2, 3]. У рибництві математичне моделювання почали активно використовувати в останні 30-40 років і особливо із розвитком комп'ютерних технологій. Основними напрямками було моделювання технологічних процесів при вирощуванні риби в штучних умовах [4, 5], але основна частина досліджень була спрямована на традиційні об'єкти товарного вирощування – коропових та лососевих, у той час як застосування даного інструменту аналізу в осетрівництві не знайшло широкого розповсюдження й існуючі моделі відображають стан природних популяцій осетроподібних [6].

Завдання та методики досліджень. Спеціальні дослідження проводилися протягом 10 років на базі виробничо-експериментального Дніпровського осетрового рибничого заводу. Матеріалом досліджень виступали вільні ембріони та личинки російського осетра дніпровської популяції, отримані на заводі. У ході проведення експериментів формування варіантів проводилося із застосуванням методу груп – аналогів [7] з трьох- та чотирьохкратною повторністю варіантів. Базою проведення експериментів виступали круглі бетонні басейни із площею дна 5 м² та склопластикові басейни ІЦА – 2 із площею дна 4 м², термін вирощування коливався від 16 до 24 діб, годівля здійснювалася живими кормами (дафнія, артемія, олігохета) із кратністю від 3 до 9 разів на добу та величиною добового раціону від 20 до 60% від маси тіла молоді. Основними результуючими величинами було обрано середню масу посадкового матеріалу та його виживаність.

Визначення фізико-хімічного режиму води басейнів при вирощуванні, аналіз темпу росту та екстер'єрних показників личинок проводилося із залученням відомих рекомендацій [8, 9]. Дисперсійний та кореляційний аналізи отриманих матеріалів проводилися за відомими рекомендаціями [10]. В однофакторному аналізі, виконаному із застосуванням стандартних програм, пристосованих для Windows – ХР застосовувалися експоненційні рівняння. Для визначення впливу на середню масу та виживаність посадкового матеріалу усієї сукупності еколого-технологічних параметрів при вирощуванні в басейнах використовувався метод покрокової регресії [11].

Результати досліджень. У ході перших досліджень нами були побудовані прості математичні моделі, які б дозволяли провести оцінку впливу певних еколого-технологічних параметрів на ефективність вирощування життєстійких личинок російського осетра в басейнах. Основна увага зверталася на визначення впливу терміну вирощування на характер росту маси тіла личинок за різних щільностей посадки та термічного режиму при вирощуванні. Отримані залежності досить пов-

но описувалися експоненціальними рівняннями, на користь чого виступали високі рівні апроксимації в межах 0,9783 – 0,9968, табл. 1.

Таблиця 1 – Залежності росту маси тіла личинок російського осетра від терміну вирощування

Щільність посадки, тис. екз/м ²	Середня температура, °С	Термін вирощування, дів	Показники залежності	
			Рівняння зв'язку	Коефіцієнт апроксимації, R ²
2,8	17,3	16	$y = 12,289 e^{0,3195 x}$	0,9783
		20	$y = 11,752 e^{0,3329 x}$	0,9854
		24	$y = 11,763 e^{0,3382 x}$	0,9906
	19,4	16	$y = 12,029 e^{0,3616 x}$	0,9943
		20	$y = 11,943 e^{0,3649 x}$	0,9968
		24	$y = 11,570 e^{0,3798 x}$	0,9965
3,2	17,3	16	$y = 12,584 e^{0,3066 x}$	0,9882
		20	$y = 12,211 e^{0,3206 x}$	0,9886
		24	$y = 11,923 e^{0,3282 x}$	0,9917
	19,4	16	$y = 12,268 e^{0,3496 x}$	0,9952
		20	$y = 12,213 e^{0,3507 x}$	0,9965
		24	$y = 11,960 e^{0,3573 x}$	0,9964
4,0	17,3	16	$y = 12,921 e^{0,2902 x}$	0,9841
		20	$y = 12,345 e^{0,3108 x}$	0,9886
		24	$y = 12,341 e^{0,3105 x}$	0,9928
	19,4	16	$y = 12,585 e^{0,3310 x}$	0,9937
		20	$y = 12,559 e^{0,3832 x}$	0,9957
		24	$y = 12,319 e^{0,3422 x}$	0,9958

Накопичений у подальших дослідженнях матеріал дозволив виділити іншу групу факторів впливу на ріст маси тіла личинок російського осетра при вирощуванні в басейнах, основними із яких були режим та кратність годівлі. Проведений математичний аналіз показав високий рівень кореляційної залежності, в першу чергу, між кратністю годівлі дослідної молоді при вирощуванні ростом маси тіла, коефіцієнти кореляції коливались у межах 0,784 – 0,878. Як і у попередніх дослідженнях, проаналізовані залежності описувалися експоненціальними рівняннями, коефіцієнти детермінації коливались у межах від 0,9948 до 0,9967, табл.2.

Отримані моделі досить чітко показували залежність величини середньої маси отриманої життєстійкої молоді російського осетра від терміну вирощування в басейнах та особливостей годівлі личинок за різної щільності посадки та в межах певного термічного режиму басейнів при вирощуванні, і в той же час, не відображали взаємного впливу основних еколого-технологічних параметрів на ефективність вирощування личинок.

Таблиця 2 – Залежності росту маси тіла личинок російського осетра від кратності годівлі

Кратність годівлі, разів на добу	Показники залежності	
	Рівняння зв'язку	Коефіцієнт апроксимації, R^2
	2,8 тис. екз / м ²	
6	$y = 12,562 e^{0,2972 x}$	0,9965
9	$y = 12,943 e^{0,2867 x}$	0,9962
3	$y = 13,213 e^{0,2763 x}$	0,9960
	4,0 тис. екз / м ²	
6	$y = 13,139 e^{0,2793 x}$	0,9967
9	$y = 13,540 e^{0,2669 x}$	0,9957
3	$y = 13,221 e^{0,2647 x}$	0,9948

Тому в подальших дослідженнях у ході аналізу нами були побудовані математичні моделі, які відображали залежність основних рибничих показників при вирощуванні риби посадкового матеріалу – середньої маси личинок російського осетра (y_1) та їх виживаності (y_2) від окремих еколого-технологічних параметрів, номенклатура яких була представлена наступними факторами: X_1 – середня температура води (°C), X_2 – щільність посадки вільних ембріонів (тис. екз/м²), X_3 – термін вирощування (днів), X_4 – кратність годівлі (разів на добу), X_5 – об'єм добового раціону (в% від маси тіла личинок).

Отримані рівняння регресії виглядали таким чином:

$$y_1 = -40,79 + 3,02x_1 - 9,29x_2 + 4,37x_3 + 2,69x_4 + 0,41x_5$$

$$y_2 = 128,91 - 0,31x_1 - 7,61x_2 - 2,11x_3 + 1,15x_4 + 0,15x_5$$

Аналіз рівнянь показав достатню достовірність залежності показників, що досліджувалися, від еколого-технологічних параметрів вирощування, на користь чого виступали високі рівні коефіцієнтів детермінації (R^2), які знаходилися в межах 86,17 – 95,91%. Найбільша залежність як середньої маси, так і виживаності спостерігалася від концентрації личинок в об'ємі води, тобто щільності посадки.

Висновки та пропозиції. Отримані рівняння, на нашу думку, можуть бути використані як базові при плануванні вирощування личинок російського осетра до життєстійких стадій у басейнах, дозволяють прогнозувати кінцеві показники середньої маси та виживаності за тих чи інших параметрів вирощування.

Перспективи подальших досліджень. Наряду з отриманим позитивом, очевидна необхідність продовження досліджень, спрямованих на формування математичних моделей протікання технологічних процесів для усіх видів осетроподібних із включенням до аналізу максимально можливої кількості біотичних та абіотичних параметрів середовища, що суттєво збільшить достовірність моделювання та прогнозування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баранов Ф.И. Техника промышленного рыболовства. – М.-Л.: Всесоюзное кооперативное объединенное изд-во, 1933. – 469 с.

2. Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводство рыбных ресурсов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 448 с.
3. Бивертон Р., Холт С. Динамика численности промысловых рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 248 с.
4. Собаш В.М. Биологические основы повышения эффективности воспроизводства рыб и рациональное использование кормовых ресурсов рыбоводных водоёмов лесостепи и полесья Украины // Автор. дисс. на соиск. уч. степени д. с.-х. н. – К., 1991. – 36 с.
5. Медведєв М.Г., Кравчук Н.М., Третьяк О.М. Застосування оптимізаційного моделювання при визначенні щільностей посадки об'єктів полі культури за випасного вирощування риби в ставах// Рибне господарство. – К.: Аграрна наука, 1999. – Вип. 54 – 55. – С. 140 – 145.
6. Кравчук Н.М., Пекарський А.В. Моделювання показників ефективності вирощування товарної риби // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми аквакультури і функціонування водних екосистем». – К.: ІРГ УААН, 2002. – С. 28 – 29.
7. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 375 с.
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – М.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
9. Гурьянов В.Г., Демьяненко К.В. Нейросетевое моделирование в прогнозировании численности русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Азовского моря // Рибне господарство України. – 2006. – №1. – С. 28–31.
10. Плохинский Н.А. Биометрия.– Новосибирск.: Изд-во АН СССР, 1961.– 364 с.
11. Тимченко А.А., Федунец П.Д., Адбарходжаев Ш.Н. Построение математической модели. – К.: Ин-т кибернетики АН УССР, 1990, – 180 с.