

УДК 639.3.07 (282.247.41)

К ОБОСНОВАНИЮ МЕТОДА ПОВРЕМЕННОГО УЧЕТА МОЛОДИ В НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

О. Н. Васильченко, И. А. Гусев

КаспНИРХ

Увеличить эффективность разведения полупроходных рыб в нерестово-выростных хозяйствах (НВХ) невозможно без усовершенствования одного из наиболее важных звеньев в биотехнике выращивания молоди — учета ее численности в период выпуска в естественные водоемы.

С 1968 г. в НВХ дельты Волги молодь учитывают бонитировочным методом. Сущность его состоит в выборочном обследовании — ихтиологической съемке специальными орудиями лова (Аксютин, Волкова, Таманская, 1969). Этот метод отличается быстротой и позволяет без задержки выпускать молодь из хозяйств.

Однако он может дать объективные данные о количестве рыб в водоеме на день съемки только при установлении коэффициентов уловистости орудий лова, методика определения которых до настоящего времени не разработана.

Учитывая также, что естественная миграция молоди из НВХ продолжается не менее месяца, можно утверждать, что количество рыб, скатившихся в естественные водоемы, будет значительно отличаться от учетного бонитировочным методом.

В связи с этим для правильного планирования объема рыбоводных работ и оценки их эффективности необходимо в отдельных наиболее типичных хозяйствах определять фактическое количество выпущенной молоди. Для этого можно применять метод повременного учета, который заключается во взятии через каждые 2 ч (круглосуточно) в течение 1—10 мин проб молоди, скатившейся из хозяйств. Пересчетом данных по качественному и количественному составу минутных проб на двухчасовой интервал устанавливается общее количество молоди, скатившейся за сутки и весь период спуска.

Поскольку в литературе появились утверждения о необъективности данного метода (Волкова, Таманская, 1971), мы поставили себе целью оценить его репрезентативность.

Известно, что основной особенностью большинства исследований, посвященных изучению динамики биологических процессов, является невозможность многократного измерения интересующей величины для определения ее истинного значения методами усреднения. К числу подобных процессов относится и миграция молоди из НВХ. Поставим за-

дачу определения численности молоди, скатившейся из водоема НВХ за сутки, и определим точность полученного значения.

Многолетние наблюдения показывают, что скатившаяся молодь находится под непрерывным влиянием совокупности внешних воздействий, изменяющих характер ее ската в каждый последующий момент времени, а потому можно считать реакцию популяции на внешние воздействия непрерывной функцией. Очевидно, что эта функция обязательно отражает и ритмы суточной активности молоди рыб.

Если извне воздействуют метеорологические факторы, отображающиеся в общем случае непрерывной функцией и имеющие тенденцию к значительным изменениям на отрезках времени больше 2—3 ч, то можно предположить возможность реального отображения динамики ската молоди величинами проб, взятых на интервалах времени, меньше указанных. Это утверждение базируется на положении о том, что проба в момент ее взятия является частью изучаемого объекта и подчинена в этот момент тем же закономерностям, что и весь объект в целом. Следовательно, проба может рассматриваться как молодь мигрирующей популяции и отражает динамику процесса ската молоди.

Все вышесказанное позволяет сформулировать ряд основных условий сбора проб, обеспечивающих получение репрезентативных материалов о численности скатывающейся молоди.

1. Проба как величина, отражающая динамику процесса ската молоди, берется на отрезках времени, на которых внешние воздействующие факторы существенно не изменяются. В этом случае как результирующая функция воздействующих факторов, так и функция ответной реакции объекта эксперимента являются непрерывными в течение всего опыта.

2. Моменты взятия проб образуют арифметическую прогрессию, т. е. пробы берутся в последовательные, неизменные по величине в процессе эксперимента моменты времени.

При выполнении перечисленных условий для определения численности скатившейся молоди допустима интерполяция соседних проб.

В результате работы получаем совокупность значений проб, образующих числовой, ограниченный сверху ряд неотрицательных величин. Как известно, ряды подобного вида являются абсолютно сходящимися, а потому можно опустить все члены, несущие «нулевую» информацию. Полученные значения проб представляют собою значения функции ската молоди в моменты их взятия. Например, по материалам сбора проб за 27/VI-71 г. (табл. 1) значения функции ската составят:

$$F_1(1) = 3,31; F_1(2) = 1,53; F_1(3) = 2,54; F_1(4) = 2,78 \text{ и т. д.}$$

Для определения численности скатившейся молоди необходимо найти функцию ската и проинтегрировать ее на интересующем отрезке времени, иными словами, определить площадь, ограниченную искомой функцией на заданном отрезке времени, имея значения этой функции в отдельных точках.

Решение подобной задачи относится к решению класса задач числового интегрирования, для чего отображают искомую функцию некоторым полиномом $K(x)$, степень которого определяется по методу конечных разностей (Гутер, Овчинский, 1970). Однако в нашем случае проще применить другой прием, рекомендуемый теми же авторами.

1. Для определения численности молоди, скатившейся за сутки, по значениям функции ската через 1 ч вычисляем интеграл по формулам трапеций или парабол. Полученное значение интеграла обозначим I_1 .

2. Вычисляем численность молоди, скатившейся за сутки, тем же способом при условии взятия проб через 2 ч. Полученный интеграл обозначим I_2 .

3. Сравниваем полученные значения интегралов. Совпадение первых знаков интегралов I_1 и I_2 позволяет судить о точности полученных значений,

Проиллюстрируем сказанное на примере материалов, полученных на НВХ «Дуданакон Южный» в июне 1971 г. (табл. 1). Здесь принято: A_1 — сумма значений проб молодки в тыс. шт., собранных за сутки с интервалом в 1 ч.; B_1 — удвоенная сумма значений проб, взятых с интервалом в 2 ч.; a_n, a_{2n-1} — величины проб молодки, взятых за 1 мин с часовым и двухчасовым интервалом. В табл. 1 рассматриваются дни с относительно устойчивой погодой, когда естественный скот был нарушен перекрытием шлюза, а один день, предшествующий нерестной погоде, — без этого нарушения.

Таблица 1

Время суток	25/VI		26/VI		27/VI	
	a_n	a_{2n-1}	a_n	a_{2n-1}	a_n	a_{2n-1}
1	0,28	0,28	0	0	3,31	3,31
2	0	—	0	—	1,53	—
3	0,04	0,04	0,35	0,35	2,54	2,54
4	0,04	—	0,51	—	2,78	—
5	0	0	0,88	0,88	1,39	1,39
6	0,18	—	1,44	—	5,51	—
7	0,03	0,03	2,52	2,52	5,85	5,85
8	0,02	—	Шлюз закрыт с 8,00 до 9—30		3,43	—
9	0,45	0,45	0	0	2,4	2,4
10	Шлюз закрыт до 12—39		4,95	—	0,70	—
11	0	0	4,62	4,62	0,48	0,48
12	0	—	4,03	—	0,4	—
13	0,16	0,16	11,65	11,65	0,44	0,44
14	2,43	—	7,9	—	0,36	—
15	0,3	0,3	5,22	5,22	0,25	0,25
16	0,34	—	15,69	—	0,26	—
17	1,43	1,43	11,37	11,37	0	0
18	1,73	—	16,4	—	0,53	—
19	4,52	4,52	18,58	11,58	2,15	2,15
20	11,08	—	18,18	—	4,75	—
21	11,71	11,71	17,46	17,6	2,16	2,16
22	3,4	—	9,63	—	0	—
23	0,42	0,42	7,29	7,29	3,96	3,96
24	0,6	—	6,12	—	1,74	—
A_1	39,16		164,89		46,92	
B_1		38,68		159,88		49,86
I_1	2323,2		9709,8		2663,4	
I_2		2299,8		9373,8		2773,2

В табл. 2 приведены материалы, собранные в период с неустойчивой погодой.

Таблица 2.

Время суток	17/VI		18/VI		19/VI		20/VI	
	a_n	a_{2n-1}	a_n	a_{2n-1}	a_n	a_{2n-1}	a_n	a_{2n-1}
1	0,42	0,42	0	0	0,12	0,12	0,02	0,02
2	0,39	—	0	—	0,06	—	0	—
3	0	0	0	0	0,05	0,05	0	0
4	2,7	—	0	—	0,05	—	0,08	—
5	3,91	3,91	0	0	0	0	3,91	3,91
6	0,61	—	0	—	0	—	5,92	—
7	0,32	0,32	0	0	0,02	0,02	3,01	3,01
8	0,30	—	0	—	0	—	2,44	—
9	0	0	0	0	0	0	1,17	1,17
10	1,29	—	0	—	0	—	3,18	—
11	0	0	0,19	0,19	0,01	0,01	3,09	3,09
12	0,17	—	0	—	0,15	—	1,46	—
13	7,17	7,17	0	0	0,88	0,88	0	0
14	5,03	—	0	0	1,04	—	0	—
15	5,72	5,72	0	0	0	0	0	0
16	2,56	—	0,68	—	0,1	—	1,71	—
17	3,1	3,1	0,26	0,26	2,52	2,52	10,95	10,95
18	4,54	—	0,17	—	0,1	—	1,86	—
19	2,41	2,41	2,2	2,2	8,99	8,99	1,14	1,14
20	0	—	3,32	—	9,74	—	5,13	—
21	0	0	0,03	0,03	1,8	1,8	3,36	3,36
22	7,92	—	1,23	—	1,91	—	2,52	—
23	0	0	0,77	0,77	0,06	0,06	2,4	2,4
24	0	0	0,01	—	0,02	—	1,55	—
A_1	48,56		8,86		27,62		54,9	
B_1		46,1		6,9		28,9		58,1
I_1	2901,0		531,3		1653,0		3246,9	
I_2		2753,4		390,9		1728,6		3413,4

Как показывают таблицы, в дни с устойчивой погодой данные учета с двухчасовым интервалом сбора проб вполне сравнимы с данными, полученными при одночасовом интервале. Вполне естественно, что в дни с ненастной погодой отклонения могут быть более значительными. Однако здесь необходимо учитывать то, что численность молодежи, скатывающейся в такую погоду, значительно меньше, чем при благоприятных условиях и количество молодежи, не учтенной в процессе работ составляет не более 2—5% молодежи, скатывающейся при нормальных условиях.

Для нахождения значений интегралов I_1 и I_2 методом трапеций необходимо из сумм A_1 или B_1 вычесть полусуммы крайних значений проб и полученный результат умножить на величину интервала между моментами взятия проб (60 мин), т. е.

$$I_1 = \left(A_1 - \frac{a_1 + a_{24}}{2} \right) \cdot 60; \quad I_2 = \left(B_1 - \frac{a_1 + a_{23}}{2} \right) \cdot 60.$$

Действительно, если интерполируем по методу трапеций функцию, заданную совокупностью значений ее в отдельных точках, например A_1 , при интервале между взятием проб, равном p , то получим

$$\begin{aligned}
 A_1 &= a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \dots + a_{2n-2} + a_{2n-1} + a_{2n}; \\
 I_1 &= \left(\frac{a_1 + a_2}{2} x \cdot p + \frac{a_2 + a_3}{2} x \cdot p + \frac{a_3 + a_4}{2} x \cdot p + \dots \right. \\
 &\quad \left. + \frac{a_{2n-2} + a_{2n-1}}{2} x \cdot p + \frac{a_{2n-1} + a_{2n}}{2} x \cdot p \right) = \\
 &= \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} + \frac{a_2}{2} + \frac{a_3}{2} + \frac{a_3}{2} + \frac{a_4}{2} + \dots + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{a_{2n-2}}{2} + \frac{a_{2n-1}}{2} + \frac{a_{2n-1}}{2} + \frac{a_{2n}}{2} \right) x \cdot p = \\
 &= \left(\frac{a_1 + a_{2n}}{2} + a_2 + a_3 + a_n + \dots + a_{2n-2} + a_{2n-1} \right) x \cdot p = \\
 &= \left(A_1 - \frac{a_1 + a_{2n}}{2} \right) x \cdot p.
 \end{aligned}$$

Однако уже из рассмотрения полученных при эксперименте сумм A_1 и B_1 до их увеличения в p раз можем сделать вывод о совпадении старших разрядов искоемых интегралов.

Таким образом, сбор проб с интервалами, как в 1, так и в 2 ч дает достаточно репрезентативный материал о численности молодежи, скатившейся из НВХ.

Для определения степени точности предлагаемого метода рассмотрим разность $A_1 - B_1$; так как в данном случае приходится сравнивать результаты двух выборок, значения которых варьируют в зависимости друг от друга, применим метод попарных сравнений, рекомендуемый Г. Ф. Лакиным (1968). Сущность метода заключается в том, что сравниваются между собою парные варианты выборочных совокупностей, получаемые при проведении эксперимента в одних и тех же условиях для одной группы особей.

Учитывая, что отклонения разностей проб свидетельствуют об изменении внешних воздействующих факторов на отрезке времени между их взятиями, определим величины этих отклонений и характер их распределения. Таким образом, приходим к задаче оценки распределения отклонений соседних четких и нечетких проб, т. е. $a_{2n} - a_{2n-1}$. Очевидно, что при полном совпадении условий ската молодежи в соседние моменты времени эта разность равна нулю. В общем случае величина этой разности как случайная подчинена вероятностным законам распределения. Построим массивы отклонений по материалам учета молодежи в НВХ «Дуданак Южный» в 1971 (табл. 3) и 1972 г. (табл. 4). Для этого определим величины этих разностей, характер их распределения и вычислим среднее квадратическое отклонение каждой разности.

Таблица 3

a	p	pa	pa^2	a	p	pa	pa^2
-11	1	-11	121	0,5	26	13	6,5
-10,5	0	0	0	1	7	7	7
-10	1	-10	100	1,5	17	25,5	38,25
-9,5	1	-9,5	90,25	2	9	18	36

a	p	pa	pa^2	a	p	pa	pa^2
-9	0	0	0	2,5	8	20	50
8,5	0	0	0	3	5	15	45
-8	0	0	0	3,5	3	10,5	36,75
-7,5	1	-7,5	56,25	4	4	16	64
-7	0	0	0	4,5	3	13,5	60,75
-6,5	0	0	0	5	2	10	50
-6	0	0	0	5,5	3	16,5	90,75
-5,5	1	-5,5	30,25	6	1	6	36
-5	1	-5	25	6,5	1	6,5	42,25
-4,5	0	0	0	7	1	7	49
-4	1	-4	16	7,5	0	0	0
-3,5	3	-10,5	36,75	8	2	16	128
-3	3	-9	27	8,5	2	17	144,5
-2,5	5	-12,5	31,25	9	1	9	81
-2	5	-10	20	9,5	0	0	0
-1,5	7	-10,5	15,75	10	0	0	0
-1	10	-10	10	10,5	0	0	0
-0,5	23	-11,5	5,75	11	0	0	0
0	190	0	0				

$$N = 348; i = 0,5; \sigma_1 = i \sqrt{\frac{\sum pa^2}{N} - \left(\frac{\sum pa}{N}\right)^2};$$

$$\sum pa = 100; \sum pa^2 = 1451;$$

$$\sigma_1 = 1,01; 3\sigma_1 = 3,03; 3\sigma = 3,03 \sqrt{348} = 56,52;$$

$$\sigma_c = \sigma_1 \sqrt{12}; B_2 = B_1 = 877,$$

где B_2 сумма значений проб, взятых через 2 ч, в течение всего времени ската.

$$\frac{3\sigma}{B_2} = \frac{56,52}{877} < 0,1.$$

Таблица 4

a	p	pa	pa^2	a	p	pa	pa^2
-17	1	-17	289	0,5	19	9,5	4,75
-16,5	1	-16,5	272,25	1	23	23	23
-16	1	-16	256	1,5	13	19,5	29,25
-15,5	2	-31	480,5	2	4	8	16
-15	0	0	0	2,5	2	5	12,5
-14,5	1	-14,5	210,25	3	1	3	9
-14	1	-14	196	3,5	0	0	0
-13,5	2	-27	364,5	4	0	0	0
-13	0	0	0	4,5	6	27	121,5
-12,5	2	-25	312,5	5	3	15	75

a	p	pa	pa^2	a	p	pa	pa^2
-12	2	-24	288	5,5	2	11	60,5
-11,5	0	0	0	6	2	12	72
-11	3	-33	363	6,5	1	6,5	42,25
-10,5	1	-10,5	110,25	7	2	14	98
-10	1	-10	100	7,5	0	0	0
-9,5	1	-9,5	90,25	8	0	0	0
-9	0	0	0	8,5	0	0	0
-8,5	0	0	0	9	2	18	162
-8	1	-8	64	9,5	2	19	180,5
-7,5	0	0	0	10	0	0	0
-7	0	0	0	10,5	2	21	220,5
-6,5	2	-13	84,5	11	0	0	0
-6	2	-12	72	11,5	0	0	0
-5,5	0	0	0	12	1	12	144
-5	0	0	0	12,5	2	25	312,5
-4,5	2	-9	40,5	13	1	13	169
-4	3	-12	48	13,5	0	0	0
-3,5	1	-3,5	12,25	14	0	0	0
-3	4	-12	36	14,5	0	0	0
-2,5	8	-20	50	15	0	0	0
-2	9	-18	36	15,5	1	15,5	240,25
-1,5	8	-12	18	16	0	0	0
-1	14	-14	14	16,5	0	0	0
-0,5	13	-6,5	12,75	17	0	0	0
0	351	0	0			-111	5813

$N = 526; i = 0,5; \sum pa = -111; 3\sigma_1 = 4,98;$

$$\sigma_1 = i \sqrt{\frac{\sum pa^2}{N} - \left(\frac{\sum pa}{N}\right)^2}; \quad pa^2 = 5813; 3\sigma = 4,98 \sqrt{526} = 114,2;$$

$$\sigma_1 = 1,66; B_2 = 3044; \quad \frac{3\sigma}{B_2} = \frac{114,2}{3044} < 0,1.$$

Примечание. a — разности соседних четных и нечетных проб; p — частота встречаемости разностей.

Определив среднее квадратическое отклонение (σ_1) разностей соседних проб $a_{2n} - a_{2n-1}$, можно поставить вопрос о его величине (σ) для любой их совокупности $\sum (A_1 - B_1) = \sum_0^n (a_{2n} - a_{2n-1})$.

Известно, что дисперсия суммы или разности при нормальном распределении равна сумме дисперсий, т. е. $\sigma_{x \pm y}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$.

Для каждого из выбранных массивов определены σ_1 и N , тогда $\sigma = \sigma_1 \sqrt{N}$, где N — количество разностей. Например, дисперсия суточных разностей $\sigma_c = \sigma_1 \sqrt{12}$. В таком случае, считая распределение

разностей нормальным, можем утверждать, что с вероятностью 0,99 количество молоди, скатившейся за сутки, можно отобразить неравенством:

$$-\sigma_1 \sqrt{12} \leq A_1 - B_1 \leq \sigma_1 \sqrt{12}$$

или

$$A_1 - \sigma_1 \sqrt{12} \leq B_1 \leq A_1 + \sigma_1 \sqrt{12}.$$

Поскольку нас интересует общее количество молоди, скатившейся из водоема, рассмотрим отношение $\frac{3\sigma}{B_2}$, которое представляет собой относительную погрешность определения численности проб молоди, собранных за весь период ската. Из анализа материалов табл. 3 и 4 видим, что $\frac{3\sigma}{B_2} < 0,1$, где B_2 — сумма всех значений проб, взятых через 2 ч в течение всего времени ската молоди.

В таком случае истинная численность проб, взятых с двухчасовым интервалом за весь период ската, может быть представлена в виде $B = B_2 \pm 0,1 B_2$, или погрешность определяемой численности не превышает 10%.

Приведенные расчеты показывают, что метод повременного учета дает возможность с 10%-ной погрешностью определить численность молоди, выпускаемой НВХ.

Недостаток указанного метода, по утверждению А. И. Волковой и Г. Г. Таманской (1971), — необходимость некоторой задержки ската молоди по сравнению с их естественной миграцией при полностью открытых водосбросах. Однако, как показали наши наблюдения, основная масса молоди скатывается в первые две декады спуска, а задержка воды в водоеме не превышает 15 дней. Следовательно, она существенно на численность мальков не влияет.

Исходя из изложенного и учитывая относительную трудоемкость повременного метода учета в каждом хозяйстве, для получения объективных данных о выходе молоди и рыбопродуктивности НВХ, оценки эффективности их деятельности и для ее увеличения следует:

- 1) перед началом выпуска молоди определять ее численность в водоемах бонитировочным методом;
- 2) все водоемы разбить на группы с близкими условиями выращивания и ската молоди;
- 3) из каждой группы выделить по одному водоему, где во время ската молоди проводить повременный учет ее с двухчасовым интервалом между взятиями проб;
- 4) полученные результаты можно будет распространить на все водоемы данной группы с учетом итогов бонитировочной съемки.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксюткина З. М., Волкова А. И., Таманская Г. Г. Методика по бонитировочному учету молоди рыб на нерестово-выростных хозяйствах. М., 1969, 35 с.
- Волкова А. И., Таманская Г. Г. К вопросу о неточности повременного метода учета молоди полупроходных рыб в нерестово-выростных хозяйствах. — Труды Калининградского рыбВТУЗа, 1971, вып. 30, Калининград, с. 42—46.
- Гутер Р. С., Овинский Б. В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. М., «Наука», 1970, 432 с.

TO SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF COUNTING YOUNG
FISH AT HATCHERIES DURING THE DRAINAGE OF PONDS.

O. N. Vasilchenko, I. A. Gusev

SUMMARY

Conditions are determined to obtain reliable data on counts of young fish per unit of time when spawning-rearing ponds in the Volga delta are drained. The bias of the method is estimated and recommendations are given.

CONTRIBUTION A L'APPUI DE LA METHODE DU COMPTE EN UNITE
DE TEMPS DES JEUNES DANS LES PISCICULTURES.

O. N. Vassiltchenko, I. A. Goussev

RÉSUMÉ

On détermine les conditions permettant d'obtenir des données représentatives en utilisant le compte de la production au moment de la vidange des étangs dans le delta de la Volga. On évalue l'erreur de la méthode de compte en unité de temps des jeunes et donne les recommandations pour l'utilisation de cette méthode.