

О ВОЗМОЖНОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ В ПРУДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

И. Ф. ВЕЛЬТИЩЕВА

В последнее время вступает в строй все больше рыбхозов и рыбноводных заводов, которые должны выпускать в моря Советского Союза миллионы штук молоди частиковых, лососевых и осетровых рыб.

Одним из слабых мест в рыбноводном процессе является количественный учет конечной продукции. Поштучным учетом при больших масштабах рыборазведения пользоваться нельзя, а другие существующие методы учета недостаточно точны или травмируют рыбу.

В. И. Жадин и А. С. Трошин [1, 2] предложили учитывать выпускаемую продукцию с помощью радиоактивного препарата фосфора (P^{32}). Из пруда за 2—3 дня до спуска вылавливают некоторое количество рыбы, маркируют, выдерживая в радиоактивном растворе фосфора, и выпускают обратно в пруд. Перед спуском в разных участках пруда берут 3—4 пробы по 100 шт. и определяют процент меченых рыб.

Зная количество меченой рыбы и процент ее в пробах, можно определить количество молоди в пруду.

Преимущество этого метода, по мнению авторов, заключается в его точности и в том, что рыба не травмируется, так как лишь небольшая ее часть проходит через руки человека.

Работу В. И. Жадин и А. С. Трошин проводили на рыбцово-шемайном питомнике в Краснодарском крае. Молодь учитывали в 3 прудах площадью от 0,025 до 0,040 га. Всего было выращено 22947 шт. молоди рыба, шемаи и других рыб. Расхождение в данных при поштучном счете (22947) и вычислении при помощи меченых рыб (24570) составило 7,1%. В других случаях ошибка оказывается значительно больше: от +19,1% до -45,8% (табл. 1, по данным В. И. Жадин и др.).

Вполне возможно, что точность рекомендуемого метода может изменяться от очень многих причин. Мы имеем дело с живыми организмами, поэтому механического перемешивания меченых и немеченых рыб в данном случае быть не может. В больших рыбноводных хозяйствах типа нерестово-выростных распределение молоди может быть связано с различной кормностью участков водоема, температурным и газовым режимом и т. д. Поэтому без учета всех факторов при пользовании данным методом могут получаться большие ошибки.

В нашу задачу входило испытание предложенного метода для учета осетровых.

Работу проводили на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбноводном заводе в 1957 г. Было использовано 8 сход-

Таблица 1

Номер пруда	Рыба	Количество рыбы в пруду в шт.		Ошибка в % по отношению к поштучному подсчету
		при поштучном подсчете	при вычислении с помощью меченых рыб	
2	Рыбец	5530	5566	+0,6
4	Рыбец	5107	6084	+19,1
	Шемая	709	387	-45,4
	Прочая (сорная) рыба	493	267	-45,8
	Всего	6309	6738	+ 6,7
6	Рыбец	9523	10789	+13,2
	Шемая	1122	1095	- 2,4
	Прочая (сорная) рыба	460	386	-16,1
	Всего	11105	12270	+10,5

ных по условиям прудов общей площадью 5 га (от 0,25 до 1 га), в которых выращено 210 тыс. шт. молоди осетровых.

При проверке предложенного метода количественного учета мы попытались дать ответы на основные вопросы, интересующие производство: имеет ли значение для точности учета вид рыбы и площадь пруда, за сколько дней до спуска нужно метить молодь и какой процент рыб от общего количества должен быть помечен.

При проведении опытов в производственных условиях пришлось несколько изменить метод В. И. Жадина. Чтобы сократить трудоемкий процесс лова молоди для маркировки, рыбу брали не из опытного пруда, а из другого, спускаемого раньше. Во всех случаях это была рыба одного вида, чаще одного дня выклева и примерно одинакового среднего веса.

Меченую рыбу выпускали в опытный пруд за несколько дней до спуска. Для учета соотношения меченых и немеченых рыб при спуске прудов из ловушки периодически брали по 50 рыб для проверки под счетчиком. Поскольку во всех прудах был поштучный учет, то оказалось возможным брать пробы с каждой 10—15% прошедшей молоди.

Предварительно установили, что 30-минутное выдерживание в растворе активностью от 250 до 830 μ Си/л дает вполне надежную метку. Рыба средним весом от 1 до 4 г, меченная даже в слабом растворе (300 μ Си/л), после недельного пребывания в чистой воде на 120—250% превышает по своей активности фон.

Для полной уверенности в том, что молодь не теряет метку за время пребывания в прудах, в конце посадки меченых рыб в пруды всегда отсаживали по 50 шт. этой молоди в тазы с проточной водой. Активность этих рыб определяли при спуске опытного пруда вслед за последней прудовой пробой.

При рассмотрении основных вопросов прежде всего необходимо было установить, за сколько дней до спуска пруда нужно метить рыбу, чтобы получить достоверный результат. Поскольку этот период желательно сократить до минимума, чтобы рыба не погибла, мы метили ее за 1—6 дней до спуска пруда.

Из табл. 2 видно, что наибольшая ошибка получается при мечении севрюги и гибрида за 1—1,5 суток (+65; +183%). В то же время при мечении севрюги за 2 суток ошибка оказалась всего —4,6%. Однако вряд ли можно считать, что за такой небольшой промежуток времени (1—0,5 суток) так сильно могут измениться результаты учета.

При 4- и 6-дневном пребывании меченой рыбы в пруду ошибка составила —23,1; +13,7%. На наш взгляд, более точные результаты при учете севрюги (—4,6%) по сравнению с осетром (—23,1%) нельзя объяснить иным поведением севрюги и лучшим перемешиванием рыбы, так как колебания ошибки при учете севрюги, помеченной за 1—2 суток, значительно выше (—4,6; +183,4%), чем при учете осетра (+13,7; —23,1%).

На этом основании мы приходим к выводу, что мечение рыб за 2 или 6 дней до спуска прудов площадью 0,25—1,0 га не оказывает существенного влияния на результаты количественного учета с помощью меченых рыб.

О том, что при более длительном пребывании рыбы в пруду (6 суток) не происходит лучшего перемешивания молоди, чем при более коротком сроке (1—4 суток), свидетельствуют данные табл. 2.

Таблица 2

Площадь пруда в га	Вид рыбы	Помечено, рыб	Количество меченых рыб в % от общего количества рыб в пруду	Продолжительность пребывания меченой рыбы в прудах до спуска в сутках	Посажено рыб в пруд в шт.	Подсчитано рыбы при спуске прудов		Ошибка в % к поштучному учету	Количество меченых рыб в % в каждой пробе на протяжении спуска (проба равна 50 шт.)
						при поштучном учете	при помощи меченых рыб		
0,5	Севрюга	760	4,76	1	15227	10425	29550	+183,4	4; 2; 2; 0; 2; 6; 2;
1,0	Шип × севрюга	2440	2,96	1—1,5	79850	60589	100000	+65,0	6; 2; 2; 0; 0; 4; 0; 4; 6; 2; 4; 4; 0; 0; 2; 2
0,25	Севрюга	350	3,0	2	20600	18581	17727	—4,6	0; 8; 2; 4; 2; 6
0,25	Осетр	600	2,43	4	24000	21280	16363	—23,1	4; 8; 4; 4; 0; 2;
1,0	Осетр	2050	4,86	6	40105	31377	35652	+13,7	4; 10; 4; 10; 6; 6

В равных по количеству рыб пробах, взятых равномерно на протяжении всего спуска пруда, количество меченых рыб изменяется очень сильно и без какой бы то ни было закономерности. При выращивании любых видов осетровых, на любых испытанных площадях, при разных сроках мечения и разным проценте меченых рыб — нигде, ни в одном случае нам не удалось наблюдать хорошего перемешивания меченых и немеченых рыб, т. е. такого случая, когда на протяжении всего спуска процент меченых рыб был бы всегда одинаковым.

Придя к выводу о том, что небольшая разница в сроках мечения не имеет существенного значения, мы попытались проследить, какое значение при количественном учете может оказать изменение площади прудов от 0,25 до 1 га.

Опыт проводили с севрюгой. Рыбу метили в количестве 3—5% за 1—2 суток до спуска прудов. Процент ошибки оказался довольно большим (табл. 3) и никакой закономерности нам подметить не удалось. Видимо, незначительное колебание площадей не имеет существенного значения при количественном учете с помощью меченых рыб.

Но это не значит, что площадь не будет иметь никакого значения на больших рыбоводных хозяйствах типа нерестово-вырастных, где каждый пруд может занимать сотни гектаров.

Таблица 3

Площадь пруда в га	Посажено в пруд рыбы в шт.	Помечено рыбы		Продолжительность в днях от мечения рыбы до спуска пруда	Количество рыбы при спуске пруда		Ошибка в % к поштучному счету
		в шт.	в %		при поштучном учете	при вычислении с помощью меченых рыб	
0,25	20600	650	3,0	2	18581	17727	-4,6
0,50	15227	760	4,76	1	10425	29550	+183,6
1,00	30725	1500	4,65	2	26330	18750	-28,8

Наряду с другими вопросами мы считали нужным выяснить, отражаются ли особенности биологии разных видов осетровых рыб на точности рассматриваемого метода количественного учета. Для этой цели были проведены опыты с осетром, шипом, севрюгой и гибридом шип × севрюга. Результаты опытов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вид рыбы	Площадь пруда в га	Посажено рыбы в пруд в шт.	Помечено рыбы		Количество рыбы при спуске прудов		Ошибка в % к поштучному учету	Продолжительность в сутках от мечения рыбы до спуска прудов
			в шт.	в %	при поштучном учете	при вычислении с помощью меченых рыб		
Гибрид	1,0	79850	2440	2,96	60589	100000	+65,0	1,5
Шип	0,5	44400	1300	2,84	33156	29545	-10,9	3
Севрюга	0,25	20600	650	3,00	18581	17727	-4,6	2
Осетр	0,25	24000	600	2,43	21280	16363	-23,1	4

Полученные данные можно сравнивать между собой, так как на основании предыдущего материала можно считать, что пребывание меченой молоди в пруду лишние двое суток существенно не меняет результатов количественного учета молоди, а колебание площади прудов от 0,25 до 1,0 га не имеет значения. При этом количество меченых рыб во всех случаях было почти одинаковым (от 2,5 до 3,0%).

Данные, полученные при сравнении величины ошибки для разных видов осетровых, очень мало сочетаются с биологией рыбы. Наибольшая разница ошибок получена для наиболее близких видов: севрюги (-4,6%) и гибрида шип × севрюга (+65,0%). Для более далеких по биологии рыб (шип, осетр, севрюга) получены значительно более близкие результаты (ошибка составила соответственно: -10,9; -23,1; -4,6%). Таким образом, и в данном случае нам не удалось подметить закономерного изменения ошибок.

Помимо разобранных вопросов, важно было также знать, какой процент рыб необходимо метить, чтобы получить достоверные результаты при количественном учете. Это один из основных показателей,

служащих критерием целесообразности применения данного метода в производстве. Если точный количественный учет возможен только при высоком проценте меченых рыб, то это может стать причиной, ограничивающей применение данного метода из-за большой его трудоемкости и потребности в большом количестве радиоактивного раствора.

В. И. Жадин и А. С. Трошин [2] рекомендуют метить 5—10% от общего количества рыбы. На наш взгляд, отлов и мечение 10% рыб, особенно при выпуске частика из нерестово-выростных хозяйств сотнями миллионов штук, вряд ли будет реальным. Использовать метод «аналогий» при учете рыбы в прудовом хозяйстве мы считаем невозможным. Даже однотипные водоемы могут сильно отличаться по количеству рыбы в них, поэтому нельзя, учтя продукцию одного пруда, распространить эти данные на все пруды. На осетровых заводах также трудно пометить большое количество рыбы, так как приходится метить крупную молодь весом 1,5—3,0 г.

Даже при 20—30-минутном выдерживании такой молоди в растворе температурой 20—25° плотность ее можно довести всего до 5—6 шт/л при постоянной аэрации. Поэтому высокий процент меченых рыб очень усложнит работу.

Увеличение количества радиоактивного раствора тоже нельзя считать целесообразным, так как это затруднит перенесение его от одного пруда к другому, хранение даже на протяжении нескольких дней и последующее захоронение.

Следует учесть также то, что одним и тем же раствором можно пользоваться очень непродолжительный срок, всего 3—5 дней. При проведении через раствор большого количества рыбы в нем накапливаются продукты обмена и при высокой температуре (23—26°) начинает быстро развиваться бактериальная флора. Количество минерального радиоактивного фосфора сокращается, и раствор становится непригодным для целей маркировки. Такой случай наблюдался в наших опытах.

Радиоактивный раствор, приготовленный 18 июля с активностью 311 μ Си/л, к 23 июля (по расчету) имел активность 244 μ Си/л, а 26 июля — 211 μ Си/л. В течение первых 5 суток (с 18 по 23 июля) при маркировке рыбы получалась сильная метка: 200—470 имп/мин. (табл. 5). Метка, полученная в растворе, простоявшем еще 3 суток без употребления (до 26 июля), оказалась очень слабой (29—59 имп/мин.), а часть рыбы не пометилась совсем.

Таблица 5

Средний вес меченой рыбы в г	Средняя длина меченой рыбы в см	Дата		Продолжительность в сутках от мечения до просмотра рыбы	Радиоактивность рыбы в имп/мин.		Превышение импульсов над фоном в %
		мечения	просмотра меченой рыбы		средняя	колебания	
2,32	9,6	18/VII	25/VII	7	196	136—322	196
3,73	11,2	18/VII	25/VII	7	284	200—396	284
2,20	9,5	23/VII	26/VII	3	467	106—903	467
—	10,7	26/VII	27/VII	1	29	3—72	30
—	10,7	26/VII	28/VII	2	59	31—103	50
—	10,8	26/VII	29/VII	3	44	0—131	27

Незначительное изменение активности раствора за счет распада Р³² с 23 по 26 июля не могло так сильно изменить результаты мечения, поэтому происшедшие изменения следует объяснить связыванием фосфора микроорганизмами.

Приведенный пример свидетельствует о необходимости частой смены раствора, что еще больше усложняет работу. Поэтому метод количественного учета с помощью меченых рыб при массовом выращивании практически может быть доступен только при мечении небольшого количества рыб.

В наших опытах мы метили севрюгу. Полученные результаты характеризуются данными табл. 6.

Таблица 6

Помечено рыб в % от общего количества	Посажено рыб в пруд в шт.	Количество рыбы при спуске прудов		Ошибка в % к поштучному учету	Продолжитель- ность в сутках от мечения ры- бы до спуска прудов	Площадь прудов в га
		при поштуч- ном учете	при вычисле- нии с по- мощью мече- ных рыб			
3,0	20600	18581	17727	- 4,6	2	0,25
4,8	15227	10425	29550	+ 183,4	1	0,5
12,5	12530	8710	16363	+ 87,9	2	0,5

При более высоком проценте меченых рыб (12,5%) более точных результатов учета мы не получили.

Несмотря на попытки подойти к оценке метода, учитывая многие факторы, никаких закономерных отклонений в проценте ошибки нам подметить не удалось. В наших опытах колебания ошибки (по отношению к поштучному счету) оказались очень большими: от -28,8 до +183,4%. Даже суммарная ошибка по всему опытному материалу оказалась очень большой. Всего в опытных прудах при поштучном счете учтено 210448 шт., а по вычисленным данным - 263950 шт., т. е. разница составляет 53502 шт., или +25,4%. Учет с такой большой ошибкой на рыбоводных заводах, особенно осетровых, неприемлем. На наш взгляд, погрешность метода количественного учета на осетровых заводах не должна превышать 3%, иначе мы не получим ожидаемого возврата ценных промысловых рыб.

Не получив достаточно четкой и закономерной картины при биологических опытах, мы попытались дать оценку метода на основании математического анализа¹. Приводим только конечные результаты вычислений, полученные с помощью интеграла вероятности по теореме Лапласа.

Прежде всего дадим оценку ошибки, которая будет зависеть от того, поймает ли мы на одну меченую рыбу больше или меньше. Разберем это на следующем примере: в пруд посажено 70 тыс. шт. молоди на 1 га, выпущено из пруда 55 тыс. шт. с 1 га (отход 20%), помечено 3% рыб - 2100 шт., проверено под счетчиком 2% от посаженных в пруд - 1400 шт.

При идеальном перемешивании меченых и немеченых рыб разница в одну меченую рыбу даст ошибку конечного результата учета на 1,9%. При пробе в 1%, т. е. 700 шт., ошибка составит 3,8%, т. е. превысит желаемый результат точности для осетровых заводов (3%).

При отсутствии идеального перемешивания ошибка может быть еще больше. Например, в нашем опыте с гибридом (см. табл. 2) не-

¹ Все расчеты проведены при консультации Н. В. Шебалина.

долов одной меченой рыбы дает ошибку конечного результата на 7,7%.

Из приведенного материала видно, что идеального перемешивания меченых и немеченых рыб в прудах нет, поэтому всегда можно поймать на несколько рыб больше или меньше, что сильно исказит конечный результат.

Рассмотрим теперь основной вопрос: какова же вероятность работать с малым процентом ошибки даже при идеальном перемешивании рыб. Ниже приведены данные, характеризующие вероятность получения ошибки не выше определенной (на примере, приведенном выше).

Ошибка в %	1	2	3	5	10	15	20	30	50
Вероятность получения ошибки в % . . .	6	12	17	29	54	74	86	97	99

Из этих данных видно, что получить результат с точностью 3% маловероятно (17% случаев). Чаше могут быть получены результаты с ошибкой в 20—30% (86—97% случаев).

В нашем опыте (см. табл. 6) при наибольшем количестве меченых рыб (12,5%) и наибольшей пробе (3,2%) получилась очень большая ошибка (+87,9%). Вероятность получения результата с ошибкой не выше 3% при идеальном перемешивании в этом случае составляет всего 24%.

Разница в одну меченую рыбу при отсутствии такого перемешивания дает ошибку в 5,4%. Следовательно, не удивительно, что ошибка получилась такой большой.

Из приведенных данных видно, что при мечении 3—5% рыб, взятии проб для просмотра в количестве 1—2% нельзя получить достаточно точных результатов.

Можно вычислить, какой же процент рыб надо метить и какое количество следует брать для пробы, чтобы получить результат с ошибкой, не превышающей 3%.

Для принятых на Куринском рыбоводном заводе показателей работ (плотность посадки 70 тыс. шт/га, выход 55 тыс. шт/га) и мечении 5% рыб (3,5 тыс. шт/га) необходимо просмотреть 44 тыс. шт., т. е. 80% от всего выпускаемого количества, или при мечении 20% рыб (14 тыс. шт/га) необходимо проверить под счетчиком 8,8 тыс. рыб., т. е. 15% от всего выпускаемого количества. Безусловно, ни такой высокий процент мечения, ни такие огромные пробы для проверки не могут быть приняты производством, так как учет молоди с 1 га займет слишком много времени.

По нашему мнению, для осетровых заводов, где требуется более точный учет молоди, данный метод не может быть рекомендован.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Испытание метода количественного учета с применением радиоактивного фосфора на осетровом заводе показало, что данный метод не может быть рекомендован производству, где требуется большая точность учета.

Метод, рекомендуемый В. И. Жадиным и А. С. Трошиным, очевидно, приемлем в тех случаях, когда можно допускать ошибку до 20—25%.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Жадин В. И., Ильинская Н. Б., Световидов А. Н., Трошин А. С., Задачи и методы маркировки насекомых и рыб радиоактивными изотопами, Труды научной сессии, посвященной достижениям и задачам современной биофизики в сельском хозяйстве, АН СССР, 1955.
2. Трошин А. С. и Жадин В. И., Радиомаркировка рыба и шемаи как метод установления эффективности работы рыбцово-шемайного питомника, Труды проблемных и тематических совещаний Зоологического института АН СССР, т. VII, 1957.