

## СХОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ МИГРИРУЮЩИХ СЕГОЛЕТОК ЧЕСНОЧНИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, *PELOBATES FUSCUS* (LAURENTI, 1768), ПРИ ПОЛНОМ И ЧАСТИЧНОМ ОГОРАЖИВАНИИ НЕРЕСТОВОГО ВОДОЁМА ЗАБОРЧИКАМИ С ЛОВЧИМИ ЦИЛИНДРАМИ

М. В. Ермохин<sup>1</sup>, В. Г. Табачишин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: ecoton@rambler.ru

<sup>2</sup> Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН  
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24  
E-mail: tabachishinvg@sevin.ru

Поступила в редакцию 11.09.2011 г.

На основании данных абсолютных учетов сеголеток *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) в 2009 и 2011 гг., полученных методом полного огораживания нерестового водоёма заборчиками с ловчими цилиндрами, проведен численный эксперимент. По результатам данного эксперимента выполнена оценка сходимости результатов учета численности сеголеток, полученных при полном и частичном огораживании водоёма. Наиболее высокий уровень сходимости расчетных значений численности с истинными показан при использовании стандартных заборчиков длиной 10 м. Относительная погрешность расчетных значений не более 5% достигается при критической величине шага установки стандартных заборчиков – 40 м, а  $\delta \leq 10\%$  – при 60 м. На малых нерестовых водоёмах количество заборчиков не должно быть менее 5. Для достижения относительной погрешности учета не более 5 и 10% облавливаемая доля периметра водоёма не должна быть меньше 20 и 15% соответственно. При исследовании временной динамики интенсивности миграции сеголеток амфибий из нерестовых водоёмов целесообразно включение в анализ суммарных значений численности особей за период 10 сут. Для достижения абсолютной сходимости расчетных результатов с истинными необходима установка стандартных заборчиков с шагом 10 м. При таком варианте установки допустимо использование учетных данных с временным шагом от 1 до 10 сут. Увеличение длины заборчика заметно снижает точность учета при существенном увеличении стоимости и трудоемкости полевых работ.

**Ключевые слова:** *Pelobates fuscus*, сеголетки, учет численности, динамика миграции, заборчики с ловчими цилиндрами, численный эксперимент, сходимость.

### ВВЕДЕНИЕ

Полное огораживание нерестовых водоёмов заборчиками с ловчими цилиндрами считается весьма гибким методом учета, позволяющим получить наиболее полную информацию о состоянии сообществ и популяций земноводных (Storm, Pimentel, 1954; Shoop, 1968; Gibbons, Semlitsch, 1981; Dodd, 1991; Greenberg et al., 1994). В настоящее время данный метод признается стандартным для абсолютного учета половозрелых амфибий, совершающих направленные сезонные миграции в период нереста, а также сеголеток, мигрирующих из нерестового водоёма после прохождения метаморфоза (Щербак, 1989; Corn, Bury, 1990; Corn, 1994; Enge, 1997; Willson, Gibbons, 2009). Кроме того, использование ловчих цилиндров представляется наиболее эффективным для учета наземных видов амфибий, по сравнению с альтернативными пассив-

ными орудиями отлова (Crosswhite et al., 1999; Jenkins et al., 2003; Todd et al., 2007; Sung et al., 2011).

Однако существует ряд недостатков данного метода, которые невозможно устранить при его реализации в общепринятой форме. Так, например, полное огораживание позволяет проводить абсолютный учет особей, входящих или выходящих из нерестового водоёма, лишь при относительно низком уровне численности популяций (десятки и сотни особей на водоём), что в целом характерно для многих видов амфибий в Западной и Центральной Европе (Jehle et al., 1995; Nöllert, 1997; Hels, 2002; Eggert, Guyétant, 2002, 2003; Nicoara A., Nicoara M., 2008). В пределах юго-востока европейской части России, напротив, популяции многих видов бесхвостых амфибий характеризуются относительно высокими уровнями численности (Гаранин, 1983; Лада, 1994; Ананьева и др., 1998; Кузьмин, 1999; Ручин и

др., 2009; Белик, 2010 и др.). Так, например, чесночница обыкновенная (*Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768)), лягушка озёрная (*Rana ridibunda* Pallas, 1771), жерлянка краснобрюхая (*Bombina bombina* (Linnaeus, 1761)), нерестящиеся даже в небольших пойменных озёрах (площадью 1 – 3 га) в долинах рек бассейна Дона, достигают численности в тысячи половозрелых особей на водоём. Тогда как сеголетки этих видов, мигрирующие из нерестового водоёма в наземные биотопы после прохождения метаморфоза, могут достигать численности уже несколько десятков тысяч особей на водоём (Ермохин, Табачишин, 2010, 2011). Полное огораживание нерестового водоёма в таких условиях, особенно в период прохождения пика миграции сеголеток, приводит к получению гигантских выборок. Такой объём материала не позволяет проводить его полноценную обработку в полевых условиях (минимально включающую подсчет числа особей, определение видовой принадлежности, измерение линейных размеров и весовых характеристик, индивидуальное мечение). Оптимально возможный объём обрабатываемого в течение светового дня материала по данным авторов составляет не более 300 особей на одного исследователя.

Второе обстоятельство, ограничивающее применение полного огораживания нерестовых водоёмов, – высокая стоимость и трудоемкость изготовления, установки и эксплуатации линий заборчиков с ловчими цилиндрами. Данная особенность ведет, по крайней мере, к двум следствиям: 1) исследователь вынужден ограничить количество водоёмов, изучаемых в течение конкретного сезона; 2) на стадии планирования работ из рассмотрения оказываются исключенными нерестовые водоёмы с большим периметром (от нескольких сотен метров и более). Такой, очевидно, «искусственный» подход к выбору модельных водоёмов и ограничение их количества, не обусловленные биологическими критериями, могут привести к получению искаженной оценки состояния исследуемых популяций, их репродуктивного потенциала и особенностей воспроизводства. Поэтому представляется необходимым произвести оптимизацию метода полного огораживания нерестового водоёма заборчиками с ловчими цилиндрами.

Цель данной работы – определение эффективности метода частичного огораживания нерестовых водоёмов заборчиками с ловчими цилиндрами на основе оценки сходимости результатов учета сеголеток амфибий этим методом с

результатами абсолютного учета, полученными при полном огораживании.

Для реализации поставленной цели предполагается решение следующих задач:

- 1) определить порядок зависимости точности расчетного метода от величины шага;
- 2) установить критическую величину шага, определяющую возможность получения устойчивого результата при относительной погрешности на уровне 5 и 10%;
- 3) определить минимально необходимое количество ловчих заборчиков для адекватного учета мигрирующих сеголеток и критическую долю периметра водоёма, облавливаемую ими;
- 4) обосновать возможности применения частичного огораживания нерестового водоёма заборчиками с ловчими цилиндрами для изучения сезонной динамики выхода сеголеток путем расчета критической величины временного интервала при определении численности сеголеток с приемлемым уровнем относительной погрешности.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в июле – августе 2009 и 2011 г. на оз. Садок, расположенном в приустьевой части поймы в среднем течении р. Медведица (Саратовская область, Лысогорский район, окр. с. Урицкое: 51°21'31" с.ш., 44°48'11" в.д.). В период исследований для данного водоёма был характерен нестабильный гидрологический режим. В 2009 г. был отмечен экстремально низкий уровень водности, при котором озеро пересыхало полностью.

Расселяющихся из нерестового водоёма сеголеток земноводных учитывали методом полного огораживания озера ловчими заборчиками, изготовленными по стандартной методике (Gibbons, Semlitsch, 1981). Заборчики с ловушками по внутреннему контуру устанавливали за 3 сут. до предполагаемого начала выхода сеголеток. В период их массовой миграции ловушки осматривали ежедневно до 8 ч утра, а во второй половине миграционного периода, когда численность их была невысока, – каждые 3 сут. Учет завершали, а заборчики демонтировали по истечении 7 сут. после обнаружения в ловушках последних мигрирующих особей в конце августа 2009 и 2011 гг.

Площадь водного зеркала озера в период начала выхода сеголеток чесночницы обыкновенной в 2009 г. составляла 140 м<sup>2</sup>, а в 2011 г. –

## СХОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ МИГРИРУЮЩИХ СЕГОЛЕТОК

4300 м<sup>2</sup>. Количество установленных стандартных заборчиков ( $n$ ) при полном огораживании нерестового водоёма – 15 и 44 шт. соответственно. Количество сеголеток, учтенных за весь период миграций в течение конкретного года, принимали за абсолютное контрольное значение ( $N_{\text{теор}}$ ). В 2009 г. было учтено 159 экз. сеголеток *P. fuscus*, а в 2011 г. – 16812 экз.

Для оценки эффективности расчетных методов учета при частичном огораживании водоёма использовали метод численного эксперимента. Схема эксперимента заключалась в следующем. Различные варианты установки заборчиков получали, мысленно удаляя заборчики и не учитывая количество особей амфибий, попавших в ловушки, связанные с ними. Численность сеголеток, прошедших через «неогороженный» участок контура нерестового водоёма, рассчитывали аналитически с использованием геометрического метода. Протяженность такого участка обозначали как шаг установки заборчиков. Кроме того, проверяли гипотезу об эффективности применения заборчиков большей длины по сравнению со стандартной.

Общее количество заборчиков, необходимое для полного огораживания нерестового водоёма ( $N_f$ , шт.) рассчитывалось как отношение периметра водоёма ( $P$ , м) к длине стандартного заборчика (10 м):

$$N_f = \frac{P}{10}. \quad (1)$$

Количество итераций ( $I$ ), необходимое для перебора исчерпывающего числа вариантов установки заборчиков длиной  $L$  (кратной 10 м) с шагом  $\Delta l$  (также кратным 10 м), определяли по формулам:

$$\text{если } \Delta l_1 = \Delta l, \quad I = \frac{L + \Delta l}{10}; \quad (2)$$

$$\text{если } \Delta l_1 < \Delta l, \quad I = N_f. \quad (3)$$

Рассчитанное количество заборчиков при различных вариантах установки варьировало от 3 до 22, а количество итераций в численном эксперименте – от 2 до 44 (табл. 1). В некоторых вариантах установки возможно возникновение двух нестандартных случаев, когда  $\Delta l_1 < \Delta l$  и  $\Delta l_1 = 0$ . Кроме того, в последнем случае, очевидно, необходимо учитывать возможность нестандартной длины последнего заборчика, замыкающего контур нерестового водоёма  $L_n < L$ .

Номера заборчиков, установленных при полном огораживании нерестового озера и взя-

тых для получения расчетного значения численности сеголеток в конкретном варианте расстановки, определяли по формулам в табл. 2, где  $n_i$  – порядковый номер заборчика, присвоенный ему при полном огораживании нерестового водоёма,  $i$  – порядковый номер заборчика в данном варианте расстановки (итерации),  $v$  – порядковый номер итерации (счетчик),  $n_{1,i}$  и  $n_{m,i}$  – номера первого и последнего стандартного заборчика, входящего в  $i$ -й составной заборчик длиной 20 м и более ( $m = L/10$ ).

**Таблица 1**

Количество заборчиков (в числителе),  $\Delta l_1$  (в скобках) и число итераций (в знаменателе) в ходе численного эксперимента для различных вариантов установки

$\Delta l$ , м	$L$ , м				
	10	20	30	40	50
10	<b>22 (10)</b> 2	15 (10) 44	<b>11 (4)</b> 10	9 (0) 44	8 (0)* 44
20	15 (10) 44	<b>11 (20)</b> 4	9 (10) 44	8 (0)* 44	7 (0)* 44
30	<b>11 (30)</b> 4	9 (20) 44	8 (0)* 44	7 (0)* 44	6 (0)* 44
40	9 (30) 44	8 (0)* 44	7 (0)* 44	6 (0) 44	5 (30) 44
50	8 (10) 44	7 (0) 44	6 (10) 44	5 (40) 44	5 (0)* 44
60	7 (10) 44	6 (20) 44	5 (50) 44	5 (0) 44	<b>4 (60)</b> 11
70	6 (30) 44	5 (60) 44	5 (10) 44	<b>4 (70)</b> 11	4 (30) 44
80	5 (70) 44	5 (20) 44	<b>4 (80)</b> 11	4 (40) 44	4 (0) 44
90	5 (30) 44	<b>4 (90)</b> 11	4 (50) 44	4 (10) 44	4 (0)* 44
100	<b>4 (100)</b> 11	4 (60) 44	4 (20) 44	4 (0)* 44	3 (90) 44

*Примечание.* Жирным шрифтом показаны варианты установки, для которых количество итераций рассчитывается по формуле (2); \* – при  $\Delta l_1 = 0$  длина последнего заборчика меньше принятой в данном варианте установки ( $L_n < L$ ).

При расчете количества итераций по формуле (2) для определения номера заборчика, взятого в конкретном варианте установки, использовали формулы (4), (7) и (8), а при расчете по формуле (3) – формулы (5), (6) или (9) и (10). В последнем случае в ходе итерационных расчетов необходимо рассчитывать номера заборчиков, превосходящие  $N_f$ , которые надо конвертировать в имеющие смысл номера в начале контура нерестового водоёма.

Например, для получения расчетной величины численности мигрирующих сеголеток при установке заборчиков длиной 20 м с шагом 30 м

Таблица 2

Формулы для расчета номеров заборчиков, выбранных в конкретном варианте установки (итерации)

$L = 10 \text{ м}$		
$\frac{P}{10}$	$n_i \leq \frac{P}{10}$	$n_i > \frac{P}{10}$
Четное	$n_i = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l)}{10}$ (4)	$n_i = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l) + L}{10} - (N_f + 1)$ (5)
Нечетное		$n_i = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l) + L}{10} - 2 \cdot i$ (6)
$L > 10 \text{ м}$		
Четное	$n_{1,i} = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l)}{10}$ (7)	$n_{1,i} = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l)}{10} - N_f$ (9)
	$n_{m,i} = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l) + L}{10} - 1$ (8)	$n_{m,i} = v + \frac{(i-1) \cdot (L + \Delta l) + L}{10} - (N_f + 1)$ (10)

число итераций рассчитывалось по формуле (2), поскольку  $\Delta l_1 = \Delta l$  и составляло 4. Пользуясь формулой (4) из табл. 2, определяем, что в 2009 г. ( $P = 150 \text{ м}$ ) при схеме установки заборчиков с  $L = 20 \text{ м}$  и  $\Delta l = 30 \text{ м}$  в первой итерации нам необходимо взять для расчетов данные, полученные при полном огораживании нерестового водоёма для заборчиков № 1 – 2 (1-й составной заборчик), 6 – 7 (2-й), 11 – 12 (3-й), во второй итерации – № 2 – 3, 7 – 8, 12 – 13, в третьей – № 3 – 4, 8 – 9, 13 – 14, в четвертой – № 4 – 5, 9 – 10, 14 – 15 (табл. 3).

Расчетное значение числа особей, выходящих из водоёма, получали как сумму известного количества особей, учтенных в ловушках на установленных заборчиках за данный промежуток времени, и количества особей, прошедших между заборчиками, которое определяли геометрически как площадь трапеции на графике динамики интенсивности миграции сеголеток вдоль контура нерестового озера (рисунок). Основания трапеции – интенсивность миграции через створ соседних заборчиков, высота –  $\Delta l$ . Расчеты численности мигрирующих из нерестового водоёма сеголеток проводили по следующим формулам:

при  $L = 10 \text{ м}$  и  $\Delta l_1 = \Delta l$

$$N_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\left( M_i + M_{i+\frac{\Delta l}{10}+1} \right) \cdot \Delta l}{2} + \frac{(M_n + M_1) \cdot \Delta l}{2}, \quad (11)$$

а если  $\Delta l_1 < \Delta l$ , то

$$N_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\left( M_i + M_{i+\frac{\Delta l}{10}+1} \right) \cdot \Delta l}{2} + \frac{(M_n + M_1) \cdot \Delta l_1}{2}, \quad (12)$$

при  $L = 20 - 50 \text{ м}$  и  $\Delta l_1 = \Delta l$

$$N_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{\frac{L}{10}} N_{m,i} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\left( M_{m,i} + M_{i+\frac{\Delta l}{10}+1} \right) \cdot \Delta l}{2} + \frac{(M_{m,n} + M_{1,1}) \cdot \Delta l}{2}, \quad (13)$$

при  $\Delta l_1 < \Delta l$

$$N_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{\frac{L}{10}} N_{m,i} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\left( M_{m,i} + M_{i+\frac{\Delta l}{10}+1} \right) \cdot \Delta l}{2} + \frac{(M_{m,n} + M_{1,1}) \cdot \Delta l_1}{2}, \quad (14)$$

а если  $\Delta l_1 = 0$  и  $L_1 < L$ , то

$$N_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{m=1}^{\frac{L}{10}} N_{m,i} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\left( M_{m,i} + M_{i+\frac{\Delta l}{10}+1} \right) \cdot \Delta l}{2} + \sum_{m=1}^{\frac{L}{10}} N_{m,n}, \quad (15)$$

где  $N_{\text{расч}}$  – число особей вышедших из водоёма за данный промежуток времени,  $N_i$  – число особей, учтенных в ловушках  $i$ -го заборчика,  $N_{m,i}$  – число особей, учтенных в отдельных стандартных заборчиках с номерами от 1 до  $m = L/10$ , образующих составной,  $m$  – порядковый номер стандартного заборчика входящего в составной,  $n$  – количество заборчиков в данном варианте установки,  $M_i, M_{i+1}$  – интенсивность миграции через створ  $i$ -го заборчика и следующего за ним по контуру озера,  $M_n (M_{m,n})$  и  $M_1 (M_{1,1})$  – то же для последнего и первого заборчика по контуру озера в вариантах со стандартными и составными заборчиками (в скобках),  $\Delta l_1$  – величина промежутка между последним и первым заборчиками по контуру озера ( $\Delta l_1 = P - (n \cdot L + (n - 1) \cdot \Delta l)$ ;  $0 \leq \Delta l_1 \leq \Delta l$ ),  $L_1$  – длина последнего составного заборчика при  $\Delta l_1 = 0$  ( $L_1 = P - (L + \Delta l) \cdot (n - 1)$ ).

Интенсивность миграции через створ конкретного заборчика рассчитывали как отношение числа особей, учтенных в ловушках данного заборчика, к его длине, т.е.  $M_i = N_i/10$ . При использовании составных заборчиков для расчета численности сеголеток, проходящих между ними, учитывали показатели интенсивности миграции только для крайних стандартных заборчиков (см. рисунок, б).

Таблица 3

Варианты расстановки заборчиков при  $\Delta l_1 = \Delta l$ ,  $\Delta l_1 < \Delta l$  и  $\Delta l_1 = 0$

v	Номера заборчиков при полном огораживании водоёма														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Варианты расстановки заборчиков при $\Delta l_1 = \Delta l$ (расчет количества итераций по формуле (2))															
Оз. Садок, 2009 г.: $P = 150$ м, $L = 20$ м, $\Delta l = 30$ м, $n = 3$ , $I = 4$															
1	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3		$\Delta l_1$
2	$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3	$\Delta l_1$
3		$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3
4			$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$		3
Варианты расстановки заборчиков при $\Delta l_1 < \Delta l$ (расчет количества итераций по формуле (3))															
Оз. Садок, 2009 г.: $P = 150$ м, $L = 10$ м, $\Delta l = 30$ м, $n = 4$ , $I = 15$ , $\Delta l > \Delta l_1 = 20$ м															
1	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3		$\Delta l_1$
2	$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3	$\Delta l_1$
3		$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3
4			$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$		3
5	$\Delta l$	4		$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$	3
6		$\Delta l$	4		$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$
7			$\Delta l$	4		$\Delta l_1$	1			$\Delta l$			2		$\Delta l$
8	3			$\Delta l$			4			$\Delta l_1$	1			$\Delta l$	2
9		3			$\Delta l$			4			$\Delta l_1$	1			$\Delta l$
10			$\Delta l$	3			$\Delta l$			4		$\Delta l_1$	1		$\Delta l$
11				$\Delta l$	3			$\Delta l$			4		$\Delta l_1$	1	$\Delta l$
12	2			$\Delta l$		3			$\Delta l$			4		$\Delta l_1$	1
13	$\Delta l$	2			$\Delta l$		3			$\Delta l$			4		$\Delta l_1$
14		$\Delta l$	2			$\Delta l$		3			$\Delta l$			4	$\Delta l_1$
15			$\Delta l$	2			$\Delta l$		3			$\Delta l$			4
Варианты расстановки заборчиков при $\Delta l_1 = 0$ (расчет количества итераций по формуле (3))															
Оз. Садок, 2009 г.: $P = 150$ м, $L = 30$ м, $\Delta l = 10$ м, $n = 4$ , $I = 15$ , $\Delta l > \Delta l_1 = 0$															
1	1			$\Delta l$			2			$\Delta l$			3		$\Delta l$
2	4		1			$\Delta l$			2			$\Delta l$		3	$\Delta l$
3		4		1			$\Delta l$			2			$\Delta l$		3
4			4		1			$\Delta l$			2			$\Delta l$	3
5	$\Delta l$			4		1			$\Delta l$			2			$\Delta l$
6	3	$\Delta l$			4		1			$\Delta l$			2		$\Delta l$
7		3	$\Delta l$			4		1			$\Delta l$			2	$\Delta l$
8			3	$\Delta l$			4		1			$\Delta l$			2
9	$\Delta l$			3	$\Delta l$			4			1			$\Delta l$	2
10	2	$\Delta l$			3	$\Delta l$			4				1	$\Delta l$	2
11		2	$\Delta l$			3	$\Delta l$			4				1	$\Delta l$
12			2	$\Delta l$			3	$\Delta l$			4				1
13	$\Delta l$			2	$\Delta l$			3	$\Delta l$				4		1
14	1	$\Delta l$			2	$\Delta l$			3	$\Delta l$				4	1
15		1	$\Delta l$			2	$\Delta l$			3	$\Delta l$				4

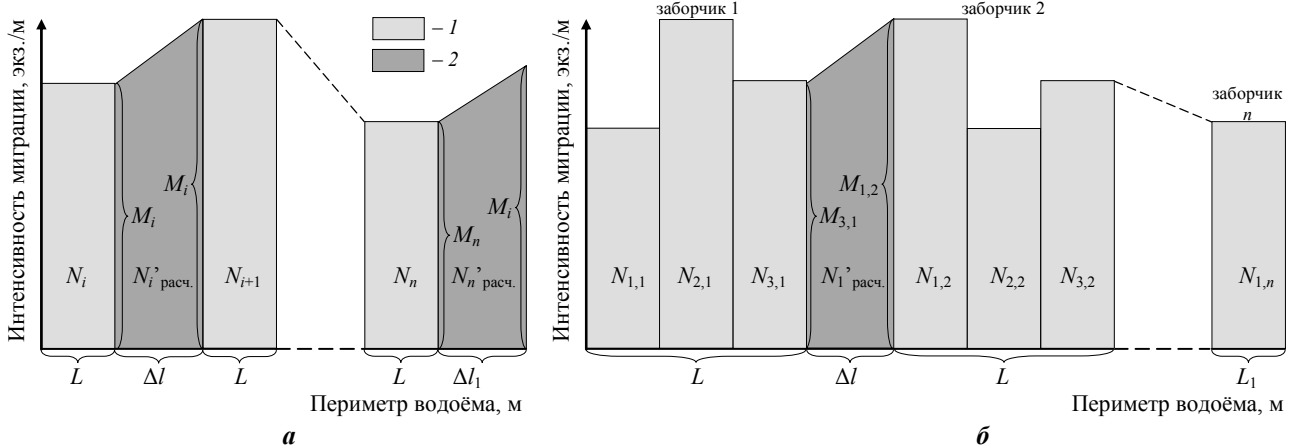
В качестве меры сходимости  $N_{расч}$  и  $N_{теор}$  использовали относительную погрешность расчета ( $\delta_N$ , %), которую определяли по формуле

$$\delta_N = \frac{N_{расч} - N_{теор}}{N_{теор}} \cdot 100. \quad (16)$$

По данным ряда итераций рассчитывали среднюю относительную погрешность (значения переменных брали без учета знака), а также определяли ее минимальное ( $\delta_{min}$ ) и максимальное ( $\delta_{max}$ ) значение (с учетом знака).

Зависимость относительной погрешности расчета от шага установки заборчиков определя-

ли методами регрессионного (коэффициент корреляции Пирсона,  $r$ ) и последующего регрессионного анализа. Значимость коэффициентов линейного уравнения вида  $y = a + bx$  оценивали по  $t$ -критерию Стьюдента. Для определения критических значений шага установки заборчиков решали полученные уравнения, принимая уровень относительной погрешности 5 и 10%, наиболее широко распространенные в биологических исследованиях. По найденным значениям  $\Delta l_{крит}$  определяли критическую долю периметра, облавливаемую заборчиками и минимально необходимую для получения расчетного результата с



Геометрический метод расчета численности сеголеток земноводных, мигрирующих из нерестового водоёма в наземные биотопы, при использовании стандартных (а) и составных (б) заборчиков: 1 – площадь прямоугольника со сторонами – длина заборчика ( $L$ , м) и интенсивности миграции ( $M_i, M_{i+1}, \dots M_n$ , экз./м) (= численности сеголеток, прошедших через створ заборчика и учтенных в ловчих цилиндрах ( $N_i, N_{i+1}, \dots N_n$ , экз.)); 2 – площадь трапеции, высота которой – шаг установки заборчика ( $\Delta l$ , м), а основания – интенсивность миграции сеголеток через створы соседних заборчиков (= расчетной численности сеголеток, прошедших между заборчиками ( $N_i^{\text{расч.}} \dots N_n^{\text{расч.}}$ , экз.))

заданным уровнем относительной погрешности (5 и 10%). Полученные таким образом аналитические критические значения сравнивали с эмпирическими результатами численного эксперимента.

Возможность использования частичного огораживания нерестового водоёма при изучении динамики интенсивности миграции сеголеток земноводных оценивали также с помощью итерационного метода. Используя данные посуточных полевых учетов, по изложенной выше методике рассчитывали суммарную численность мигрирующих особей прошедших через створы заборчиков за различные промежутки времени (временным шагом  $\Delta t = 1, 2, 3, 5, 7$  и 10 сут.) при установке стандартных заборчиков ( $L = 10$  м) с различной величиной шага установки ( $\Delta l = 10 - 100$  м). Полученные расчетные значения ( $N_{\text{расч}}$ ) сопоставляли с истинными ( $N_{\text{теор}}$ ) и определяли относительную погрешность расчета ( $\delta_N$ , %) по формуле (16).

Статистическую обработку материала проводили с использованием пакетов программ MS Exel (в том числе модуля AtteStat 12.5) и Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных работ в 2009 и 2011 гг. на выбранном в качестве модельного водоёма пойменном оз. Садок установлено, что в данном водоёме нерестятся 4 вида земноводных: чесночница обыкновенная (*Pelobates fuscus*), ля-

гушка озёрная (*Rana ridibunda*), жерлянка краснобрюхая (*Bombina bombina*) и тритон обыкновенный (*Triturus vulgaris*). Учитывая высокий уровень численности сеголеток *P. fuscus* (в различные годы от 24 до 78% от общей численности мигрирующих сеголеток земноводных), покидающих водоём после прохождения метаморфоза, этот вид выбран в качестве модельного для изучения сходимости результатов абсолютного и частичного учетов сеголеток методом численного эксперимента (табл. 4).

Таблица 4

Продолжительность периода миграции сеголеток *Pelobates fuscus*, численность особей, учтенных при полном огораживании нерестового озера ( $N_{\text{теор}}$ ), и доля от общей численности мигрирующих сеголеток земноводных всех видов

Год	Период миграций сеголеток	$N_{\text{теор}}$ , экз.	Доля сеголеток <i>P. fuscus</i> , %
2009	11.07–28.08	159	24
2011	2.07–26.08	16812	78

Поскольку в 2009 г. периметр исследуемого водоёма был относительно небольшим, оказалось возможным провести проверку сходимости результатов учетов при полном и частичном огораживании с использованием стандартных заборчиков ( $L = 10$  м). Результаты анализа материалов этого года демонстрируют приемлемый уровень сходимости ( $\delta < 5\%$ ) при шаге установки заборчиков 10 м, а при увеличении  $\Delta l$  отме-

## СХОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ МИГРИРУЮЩИХ СЕГОЛЕТОК

чен значительный рост относительной погрешности расчетных значений по сравнению с теоретическими (происходит «разболтка» результата) (табл. 5).

**Таблица 5**

Сходимость расчетных и абсолютных результатов учета численности сеголеток *Pelobates fuscus*, мигрирующих из оз. Садок в ходе метаморфоза, при различных вариантах установки стандартных ловчих заборчиков в 2009 г. ( $P=150$  м,  $L=10$  м)

$\Delta l$ , м	Количество заборчиков	$\frac{\delta_{cp.} \pm SE}{\delta_{min} - \delta_{max}}$ , %
10	8	<u>2.5±0.9</u> <b>-1.6-3.4</b>
20	5	<u>4.9±1.9</u> <b>-6.1-7.4</b>
30	4	<u>8.3±2.9</u> -13.7-11.1
40	3	<u>9.0±2.3</u> -12.9-11.3
50	3	<u>15.3±3.0</u> -22.1-22.4
60	3	<u>18.3±3.9</u> -25.2-33.5

*Примечание.* Полу жирным шрифтом показан размах варьирования относительной погрешности, не выходящий за пределы  $\pm 5\%$ , а полу жирным курсивом –  $\pm 10\%$ .

Становится очевидным, что на озёрах с небольшим периметром (<150 – 200 м) необходимо определить минимальное количество ловчих заборчиков, достаточное для получения расчетных результатов с приемлемым для экологических исследований уровнем точности ( $\delta = 5$  или 10%). По результатам исследований 2009 г. эта величина должна быть не меньше 5 – 8 заборчиков, а доля периметра, облавливаемая ими, – не менее 50%.

В связи с большей величиной периметра нерестового водоёма в 2011 г. (см. табл. 1) стала возможна реализация более сложного алгоритма численного эксперимента, включающая проверку гипотезы об эффективности как простых, стандартных, так и составных заборчиков большей протяженности  $L = 20 - 50$  м для оценки сходимости абсолютных и расчетных результатов учета (табл. 6). Так, установка стандартных ловчих заборчиков с шагом 10 м позволила получить полную сходимость результатов расчетного метода с результатами абсолютного учета (см. табл. 6). Причем, приемлемый уровень сходимости ( $\delta \leq 5\%$ ) достигается при увеличении шага установки до 40 м, а чуть меньший, но, тем

не менее, приемлемый для оценочных исследований уровень  $\delta \leq 10\%$  возможен при  $\Delta l \leq 60$  м. Применение составных заборчиков оказалось заметно менее эффективным. Использование заборчиков протяженностью 20 м и более ведет к значительному увеличению относительной погрешности расчетных результатов (см. табл. 6).

**Таблица 6**

Сходимость расчетных и абсолютных результатов учета численности сеголеток *Pelobates fuscus*, мигрирующих из оз. Садок в ходе метаморфоза, при различных вариантах установки стандартных и составных ( $L = 20 - 50$  м) ловчих заборчиков в 2011 г.

$\Delta l$ , м	$L$ , м				
	10	20	30	40	50
10	<b>0</b>	<u>0.9±0.1</u> <b>-2.5-1.7</b>	<u>0.6±0.0</u> <b>-0.7-0.7</b>	<u>0.5±0.1</u> <b>-0.8-2.0</b>	<u>3.9±0.6</u> <b>-3.7-4.2</b>
20	<u>1.6±0.2</u> () <b>-3.8-4.0</b>	<u>1.4±0.6</u> <b>-2.5-2.5</b>	<u>1.4±0.1</u> <b>-2.5-3.8</b>	<u>1.6±0.2</u> <b>-3.3-5.0</b>	<u>1.7±0.2</u> <b>-3.3-4.9</b>
30	<u>2.5±0.2</u> <b>-2.8-3.0</b>	<u>2.5±0.2</u> <b>-4.6-5.0</b>	<u>4.0±0.6</u> <b>-10.0-6.0</b>	<u>2.5±0.2</u> <b>-4.8-4.9</b>	<u>2.1±0.2</u> <b>-5.2-6.0</b>
40	<u>2.7±0.2</u> <b>-4.7-5.0</b>	<u>4.2±0.4</u> <b>-9.0-9.8</b>	<u>3.2±0.3</u> <b>-7.4-7.9</b>	<u>3.3±0.4</u> <b>-8.7-8.4</b>	<u>2.5±0.2</u> <b>-5.4-6.5</b>
50	<u>4.9±0.5</u> <b>-9.1-9.2</b>	<u>4.9±0.5</u> <b>-9.3-9.9</b>	<u>4.6±0.6</u> <b>-7.8-9.8</b>	<u>3.6±0.3</u> <b>-8.4-7.5</b>	<u>11.1±0.9</u> -25.7-20.2
60	<u>3.6±0.4</u> <b>-2.8-8.4</b>	<u>7.7±0.8</u> -18.3-16.6	<u>4.5±0.4</u> -10.2-7.7	<u>15.9±1.1</u> -31.5-33.3	<u>19.0±2.6</u> -29.1-27.2
70	<u>6.9±0.9</u> -10.5-9.4	<u>5.4±0.5</u> -11.4-11.0	<u>20.0±1.6</u> -37.8-42.1	<u>24.5±3.4</u> -39.2-35.9	<u>18.9±1.9</u> -41.2-39.0
80	<u>8.5±1.2</u> -19.6-9.0	<u>23.6±2.0</u> -44.3-49.3	<u>29.1±4.4</u> -44.5-44.0	<u>23.8±2.2</u> -48.0-50.1	<u>22.8±2.1</u> -46.4-48.2
90	<u>24.9±2.4</u> -51.1-52.7	<u>32.2±5.2</u> -49.2-55.9	<u>28.0±2.6</u> -53.4-59.0	<u>28.0±2.4</u> -52.5-60.2	<u>28.0±2.3</u> -50.8-50.8
100	<u>24.8±6.1</u> -55.7-56.3	<u>31.7±2.8</u> -56.6-64.7	<u>32.6±2.6</u> -58.6-65.6	<u>33.5±2.6</u> -57.5-59.1	<u>32.2±2.4</u> -52.6-54.1

*Примечание.* Условные обозначения см. табл. 5.

Величина относительной погрешности расчетных значений численности увеличивается с дальнейшим ростом шага установки при всех вариантах использованных в эксперименте длин заборчиков ( $r = 0.65 - 0.68$ ,  $p < 0.001$ ) (табл. 7). Регрессионный анализ этой зависимости показал, что при увеличении шага установки на 1 м величина относительной погрешности возрастает на 0.32 – 0.40% (причем коэффициенты регрессии большинства уравнений находятся в пределах стандартной ошибки и не имеют статистически значимых различий).

Решение регрессионных уравнений из табл. 7 позволило получить теоретические значения критической величины шага установки заборчиков ( $\Delta l_{крит}$ ) для уровней относительной погрешности 5 и 10% (табл. 8), которые оказались близки к эмпирическим значениям, выявленным в ходе численного эксперимента. Обращает на

себя внимание возможность применения значительно большего шага установки заборчиков при использовании их стандартного варианта ( $L = 10$  м). Также необходимо отметить, что при увеличении протяженности заборчика в 5 раз, учитывая параметры сходимости, неизбежна их установка шагом меньшим в 1.5 – 2 раза, чем для стандартных заборчиков.

**Таблица 7**

Параметры регрессионных уравнений зависимости относительной погрешности расчетных значений численности от шага установки заборчиков с ловчими цилиндрами при различной длине заборчика

L, м	$r_p$	$F_p$	Параметры уравнения		$R^2$
			$a \pm SE$ $t(p)$	$b \pm SE$ $t(p)$	
10	$0.65 \pm 0.10$ <0.001	47.65 <0.001	$-12.12 \pm 4.04$ 3.00 (0.004)	$0.39 \pm 0.06$ 6.90 (<0.001)	0.43
20	$0.68 \pm 0.09$ <0.001	62.53 <0.001	$-10.48 \pm 3.56$ 2.95 (0.004)	$0.40 \pm 0.05$ 7.91 (<0.001)	0.46
30	$0.65 \pm 0.08$ <0.001	62.67 <0.001	$-6.85 \pm 3.01$ 2.28 (0.03)	$0.34 \pm 0.04$ 7.92 (<0.001)	0.43
40	$0.65 \pm 0.08$ <0.001	68.35 <0.001	$-5.21 \pm 2.68$ 1.94 (0.055)	$0.32 \pm 0.04$ 8.27 (<0.001)	0.42
50	$0.68 \pm 0.07$ <0.001	87.30 <0.001	$-6.70 \pm 2.68$ 12.57 (0.01)	$0.36 \pm 0.04$ 9.34 (<0.001)	0.46

Полученные значения критической величины шага установки при заданном уровне относительной погрешности позволили рассчитать критическое значение доли периметра нерестового озера ( $Pp_{крит}$ ), которая должна облавливаться заборчиками (см. табл. 8). При использовании стандартных заборчиков получена наименьшая величина облавливаемой доли периметра, которая составила 18.2%. Очевидно, что на озёрах среднего размера для получения сходимости результатов учета для достижения уровня относительной погрешности  $\leq 5\%$  необходимо охватить заборчиками не менее 18–19% периметра нерестового водоёма, а для  $\delta \leq 10\%$  – не менее 14 – 15%. Применение заборчиков большей длины ведет к значительному увеличению требований к облавливаемой доле периметра водоёма вплоть до 60 – 70% при  $L = 50$  м (см. табл. 8).

Снижение точности учетов при увеличении протяженности заборчиков обусловлено, вероятно, увеличением дисперсии значений интенсивности миграции сеголеток между отдельными заборчиками. Уменьшение длины заборчика относительно стандартной также представляется нецелесообразным, поскольку оно ведет к снижению эффективности учета. Показательно, что ранее Р. Б. Бьюри и П. С. Корном (Bury, Corn,

1987) при учете мелких млекопитающих, амфибий и рептилий была установлена меньшая эффективность заборчиков длиной 2.5 м, по сравнению с заборчиками длиной 5 м.

**Таблица 8**

Сравнение эмпирических и теоретических критических значений шага ( $\Delta l_{крит}$ , м) установки заборчиков различной длины и доли облавливаемого периметра ( $Pp_{крит}$ , %) при 5- и 10%-ном уровне точности учета

L, м	$\Delta l_{крит}$ , м		$Pp_{крит}$ , %	
	5%	10%	5%	10%
10	<u>40</u> 44.1	<u>60</u> 57.0	<u>18.2</u> 18.5	<u>13.6</u> 14.9
20	<u>30</u> 38.9	<u>50</u> 51.5	<u>36.4</u> 34.0	<u>31.8</u> 28.0
30	<u>20</u> 34.7	<u>50</u> 49.4	<u>61.4</u> 46.4	<u>40.9</u> 37.8
40	<u>30</u> 31.8	<u>50</u> 47.3	<u>59.1</u> 55.7	<u>54.5</u> 45.7
50	<u>20</u> 32.9	<u>40</u> 46.9	<u>72.7</u> 60.3	<u>56.8</u> 51.6

*Примечание.* В числителе – эмпирическое значение, полученное в ходе математического эксперимента, а в знаменателе – теоретическое, рассчитанное при решении регрессионных уравнений из табл. 3 для 5- и 10%-ного уровня относительной погрешности.

Результаты оценки возможности применения расчетных методов учета численности сеголеток амфибий при исследовании временной динамики интенсивности их миграции из нерестовых водоёмов с различным временным шагом ( $\Delta t = 1 - 10$  сут.) позволяют утверждать, что полная сходимость расчетной и абсолютной численности сеголеток достигается при установке стандартных заборчиков лишь с шагом 10 м (табл. 9). Приемлемый уровень сходимости результатов при  $\delta < 5\%$  возможен при экспозиции в течение 10 сут. заборчиков, установленных с шагом 20 м. Для предварительных и рекогносцировочных оценок пригодны планы учетов с экспозицией ловушек 7 сут. и шагом 20 м, а также при представлении результатов расчета численности подекадно с  $\Delta l = 30 - 40$  м ( $\delta < 10\%$ ). Следует особо отметить, что под временем экспозиции в данном случае понимается количество суток, за которые суммируется количество особей амфибий, учтенных в ловушках, а не периодичность их осмотра. В соответствии со стандартными методиками учета земноводных предпочтительно ловушки осматривать, по крайней мере, 1 раз в день (в период массовой миграции даже 2 – 3 раза в сутки), а в исключительных случаях – не реже 1 раза в 3 сут. (Corn, 1994).



Таблица 9

Сходимость расчетных и абсолютных результатов учета численности сеголеток *Pelobates fuscus*, выходящих из оз. Садок при метаморфозе в 2011 г. при различной периодичности осмотра ловушек ( $P = 440$  м,  $L = 10$  м)

$\Delta l$ , м	$t$ , сут.					
	1	2	3	5	7	10
10	0	0	0	0	0	0
20	9.7±1.4 -20.3–29.6	7.1±0.9 -15.4–22.5	6.6±1.0 -13.0–18.5	4.6±0.7 -7.2–14.9	2.9±0.6 -5.8–7.4	1.9±0.4 -2.2–4.2
30	10.7±1.0 -27.3–18.7	8.3±0.7 -18.4–17.9	7.9±0.8 -18.8–16.3	5.9±0.7 -11.2–10.8	4.3±0.7 -11.1–10.6	3.1±0.7 -7.9–7.3
40	12.0±1.3 -35.23–43.18	8.9±0.8 -19.4–31.0	8.0±0.8 -17.2–23.4	5.5±0.7 -12.6–12.7	3.9±0.5 -7.6–11.9	1.9±0.6 -5.5–7.2
50	17.3±1.9 -59.1–59.1	13.4±1.1 -39.7–39.3	12.4±1.4 -39.3–38.9	6.9±0.9 -27.0–18.1	4.4±0.8 -14.0–10.6	3.5±0.7 -11.3–7.8
60	23.06±2.04 -70.98–63.80	15.6±1.2 -49.6–54.6	16.7±1.5 -43.5–53.9	12.3±1.4 -31.3–43.9	7.3±1.00 -19.7–28.3	4.7±0.8 -12.5–13.6
70	27.9±2.3 -77.7–85.9	17.2±1.4 -53.4–63.1	18.7±1.7 -48.1–62.4	17.0±1.5 -36.4–50.3	13.0±1.4 -36.4–36.5	10.2±1.6 -27.0–21.8
80	28.4±2.8 -83.4–108.4	17.6±1.3 -59.9–47.1	17.2±1.5 -55.4–39.1	16.5±1.9 -50.1–19.9	15.7±2.2 -44.2–15.3	14.5±2.8 -39.4–7.4
90	40.8±2.7 -83.2–131.2	33.4±1.6 -72.2–87.4	35.1±1.8 -69.8–78.6	34.2±2.0 -58.3–72.7	33.1±2.3 -57.8–69.5	31.6±2.6 -53.8–56.1
100	47.5±3.0 -84.3–154.3	38.4±2.2 -74.9–133.3	41.2±2.8 -72.9–132.3	39.8±2.8 -66.6–107.9	36.0±3.0 -64.6–98.4	34.2±3.5 -61.2–75.5

Примечание. Условные обозначения см. табл. 2.

Таким образом, проведенное исследование демонстрирует эффективность расчетного метода учета численности сеголеток амфибий при частичном огораживании нерестового водоёма сопоставимую с результатами абсолютного учета при полном огораживании водоёма, но при значительно меньших материальных затратах. На основании полученных результатов можно сформулировать следующие выводы.

1. Наиболее высокий уровень сходимости результатов расчета численности с истинными значениями достигается при использовании стандартных заборчиков длиной 10 м. Увеличение длины заборчика заметно снижает уровень точности учета, а также значительно увеличивает стоимость и трудоемкость полевых работ.

2. Относительная погрешность учета численности не более 5% по сравнению с истинными значениями достигается при критической величине шага установки стандартных заборчиков равной 40 м, а  $\delta \leq 10\%$  – при 60 м.

3. Количество заборчиков, минимально необходимое для проведения учетов земноводных на малых нерестовых водоёмах (с периметром менее 150 – 200 м), составило 5 штук. На водоёмах большего периметра их количество может быть рассчитано по формуле (1). Уровень относительной погрешности учета численности не более 5 и 10% от истинных значений достигается при облавливаемой стандартными заборчиками доле периметра водоёма не менее 20 и 15% соответственно.

4. Временная динамика интенсивности миграции сеголеток амфибий из нерестовых водоёмов наиболее точно отражается при проведении анализа суммарных значений численности особей с временным шагом 10 сут. или, в крайнем случае, 7 сут. Абсолютная сходимость расчетных результатов численности с истинными достигается при установке стандартных заборчиков с шагом 10 м. При данном варианте установки заборчиков допустимо представление учетных данных с любым временным шагом в диапазоне от 1 до 10 сут.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ананьева Н. Б., Боркин Л. Я., Даревский И. С., Орлов Н. Л. 1998. Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России. М.: Изд-во «АВФ». 576 с.
- Гаранин В. И. 1983. Земноводные и пресмыкающиеся Волжско-Камского края. М.: Наука. 176 с.
- Белик В. П. 2010. Материалы к фауне и экологии земноводных степного Придонья // Совр. герпетология. Т. 10, вып. 3/4. С. 89 – 100.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2010. Динамика размерной и половой структуры сеголеток чесночницы обыкновенной – *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) в пойме р. Медведицы // Совр. герпетология. Т. 10, вып. 3/4. С. 101 – 108.
- Ермохин М. В., Табачишин В. Г. 2011. Зависимость репродуктивных показателей самок *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) от размерных и весовых характеристик // Совр. герпетология. Т. 11, вып. 1/2. С. 28 – 39.
- Кузьмин С. Л. 1999. Земноводные бывшего СССР. М.: Т-во науч. изд. КМК. 298 с.
- Лада Г. А. 1994. К биологии обыкновенной чесночницы (*Pelobates fuscus* Laurenti, 1768) в Центральном Черноземье России // Флора и фауна Черноземья. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. пед. ин-та. С. 74 – 83.
- Ручин А. Б., Лада Г. А., Боркин Л. Я., Литвинчук С. Н., Розанов Ю. М., Рыжов М. К., Замалетдинов Р. И. 2009. О биотопическом распределении трех видов зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex) в бассейне р. Волги // Поволж. экол. журн. № 2. С. 137 – 147.
- Щербак Н. Н. 1989. Количественные учеты // Руководство по изучению земноводных и пресмы-

кающихся / Ин-т зоологии им. И. И. Шмальгаузена АН УССР. Киев. С. 121 – 125.

*Bury R. B., Corn P. S.* 1987. Evaluation of pitfall trapping in northwestern forests : trap arrays with drift fences // *J. of Wildlife Management*. Vol. 51, № 1. P. 112 – 119.

*Corn P. S., Bury R. B.* 1990. Sampling methods for terrestrial amphibians and reptiles / USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland. General Technical Report PNW-GTR-275. 34 p.

*Corn P. S.* 1994. Straight-line drift fences and pitfall traps // *Measuring and monitoring biological diversity : standard methods for amphibians* / eds. W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L.-A. C. Heyek, M. S. Foster. Washington : Smithsonian Institution Press. P. 109 – 117.

*Crosswhite D. L., Fox S. F., Thill R. E.* 1999. Comparison of methods for monitoring reptiles and amphibians in upland forests of the Ouachita mountains // *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*. Vol. 79. P. 45 – 50.

*Dodd C. K.* 1991. Drift fence-associated sampling bias of amphibians at a Florida sandhills temporary pond // *J. Herpetol.* Vol. 25. P. 296–301.

*Eggert C., Guyétant R.* 2002. Safeguard of a spadefoot toad (*Pelobates fuscus*) population : a french experience // *Salvaguardia Anfibi. Strategie, esperienze e problemi a confronto : proceedings of Third conf. safeguard the amphibians*. Penne : Centro Studi Arcadia. P. 47 – 52.

*Eggert C., Guyétant R.* 2003. Reproductive behaviour of spadefoot toads (*Pelobates fuscus*) : daily sex ratios and males' tactics, ages, and physical condition // *Can. J. Zool.* Vol. 81. P. 46 – 51.

*Enge K. M.* 1997. A standardized protocol for drift-fence surveys / Florida Game and Fresh Water Fish Comm. Tallahassee. Tech. rep. № 14. 69 p.

*Gibbons J. W., Semlitsch R. D.* 1981. Terrestrial drift fences with pitfall traps : an effective technique for quantitative sampling of animal populations // *Brimleyana*. Vol. 7. P. 1 – 16.

*Greenberg C. H., Neary D. G., Harris L. D. A.* 1994. Comparison of Herpetofaunal Sampling Effectiveness of Pitfall, Single-ended, and Double-ended Funnel

Traps Used with Drift Fences // *J. of Herpetology*. Vol. 28, № 3. P. 319 – 324.

*Hels T.* 2002. Population dynamics in a Danish metapopulation of spadefoot toads *Pelobates fuscus* // *Ecography*. Vol. 25, № 3. P. 303 – 313.

*Jehle R., Hödl W., Thonke A.* 1995. Structure and dynamics of central European amphibian populations : A comparison between *Triturus dobrogicus* (Amphibia, Urodela) and *Pelobates fuscus* (Amphibia, Anura) // *Australian J. of Ecology*. Vol. 20. P. 362 – 366.

*Jenkins C. L., McGarigal K., Gamble L.* 2003. Comparative effectiveness of two trapping techniques for surveying the abundance and diversity of forest floor vertebrates along drift fence arrays // *Herpetological Review*. Vol. 34. P. 39–42.

*Nicoara A., Nicoara M.* 2008. Surveying an isolated population of *Pelobates fuscus* (Anura, Amphibia) in the urban area of the town of Iasi (Romania) // *Oceanological and Hydrobiological Studies*. Vol. 37, suppl. 1. P. 61 – 69.

*Nöllert A.* 1997. *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) // *Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe*. Paris : Muséum National d'Histoire Naturelle. P. 110 – 111.

*Shoop C. R.* 1968. Migratory orientation of *Ambystoma maculatum* movements near breeding ponds and displacement of migrating individuals // *Biological Bulletin*. Vol. 135. P. 230 – 238.

*Storm R. M., Pimentel R. A.* 1954. A method for studying amphibian breeding populations // *Herpetologica*. Vol. 10. P. 161 – 166.

*Sung Y.-H., Karraker N. E., Hau B. C. H.* 2011. Evaluation of the effectiveness of three survey methods for sampling terrestrial herpetofauna in south China // *Herpetological Conservation and Biology*. Vol. 6, № 3. P. 479 – 489.

*Todd B. D., Winne C. T., Willson J. D., Gibbons J. W.* 2007. Getting the drift : examining the effects of timing, trap type, and taxon on herpetofaunal drift fence surveys // *Amer. Midland Naturalist*. Vol. 158, № 2. P. 292 – 305.

*Willson J. D., Gibbons J. W.* 2009. Drift fences, coverboards and other traps // *Amphibian ecology and conservation : A handbook of techniques* / ed. C. K. Dodd-Jr. New York : Oxford University Press. P. 229 – 245.

**ABUNDANCE ACCOUNTING RESULT CONVERGENCE  
OF *PELOBATES FUSCUS* (LAURENTI, 1768)  
MIGRATING TOADLETS AT FULL AND PARTIAL ENCLOSING  
OF A SPAWNING WATERBODY BY DRIFT FENCES WITH PITFALLS**

**M. V. Yermokhin<sup>1</sup> and V. G. Tabachishin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Chernyshevsky Saratov State University  
33 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia  
E-mail: ecoton@rambler.ru*

<sup>2</sup> *Saratov branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,  
Russian Academy of Sciences  
24 Rabochaya Str., Saratov 410028, Russia  
E-mail: tabachishinvg@sevin.ru*

A numerical experiment was conducted on the basis of the data of our absolute accountings of *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) toadlets in 2009 and 2011 obtained by means of full enclosing of a spawning waterbody by drift fences with pitfalls. The convergence of the toadlets abundance accounting results obtained with full and partial enclosing of the waterbody was estimated from this experiment. The highest convergence level of the calculated abundance values with the true ones is shown with the usage of standard 10-m-length drift fences. The relative error of calculated values not above 5% is achieved at a critical value of the standard drift fence installation step of 40 m, and  $\delta \leq 10\%$  is at 60 m. The number of drift fences should not be less than 5 on small spawning waterbodies. To achieve a relative accounting error not more than 5 and 10%, the fenced-in fraction of the waterbody perimeter should not be less than 20 and 15%, respectively. When the temporal dynamics of the migration intensity of amphibian toadlets from spawning waterbodies is studied, it is expedient to introduce the total abundance values for the period of 10 days into analysis. To reach the absolute convergence between calculated and true results, standard drift fences with a 10 m step must be installed. With this installation variant, the usage of accounting data with a temporal step from 1 to 10 days is acceptable. Increasing the drift fence length noticeably reduces the accounting accuracy with a significant increase in the cost and labor content of field works.

**Key words:** *Pelobates fuscus*, toadlets, abundance accounting, migration dynamics, drift fences with pitfalls, numerical experiment, convergence.