

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ  
ФГБУ «ХИНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАПОВЕДНИК»

Отчет о НИР за 2019 г.

по теме «Использование фотоловушек для учета численности массовых и редких  
животных»

Отв. исполнитель: зам. директора по НР \_\_\_\_\_ В.А. Кастрикин

Зам. дир. по НР \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **Оглавление**

Введение .....	3
Материал и методы .....	4
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	14

## **Введение**

Включение темы в план НИР заповедника обусловлено рядом проблем методологического характера, ограничивающим применение фотоловушек для учёта массовых видов животных – копытных и мелких хищных. В заповеднике имеется довольно много фотоловушек, использующихся для мониторинга тигров, которые попутно собирают массу информации по всем группам средних и крупных животных. Однако, существующие методы учёта опираются либо на знание скорости перемещения животных, либо применимы на открытых пространствах при высокой численности исследуемого объекта. В связи с этим, нами предпринята попытка разработать новый метод учёта, в котором отсутствовали бы рассмотренные выше ограничения.

Несмотря на то, что первые фотоловушки появились довольно давно, массово доступны для проведения масштабных исследований они стали лишь в последнее десятилетие. Исторически сложилось так, что методика учёта с их помощью впервые была разработана и применена для животных с индивидуальной окраской (Karanth, Nichols, 1998). Спустя десять лет, Роклифом и др. (Rowcliffe et al, 2008) был опубликован метод оценки численности животных с помощью автоматических фотокамер, в котором нет необходимости персональной идентификации. Вкратце, это модификация хорошо известного в России зимнего маршрутного учёта, в которой учётчиком выступает автоматическая фотокамера, ежедневно проводящая фиксацию животных в секторе чувствительности датчика движения или тепла (Кастрикин В.А., 2019). Переход от количества «пересечений» к плотности животных

осуществляется также через формулу, аналогичную известной формуле Формозова-Малышева-Перелешина, но с поправкой на учёт в секторе.

В предложенном Роклифом методе в качестве одного из независимых параметров скорость передвижения животного:

$$D = (y/t) \times (\pi/vr(2+\theta)),$$

$D$  – плотность населения;  $y/t$  – количество фотофиксаций за единицу времени;  $v$  – скорость (средняя) передвижения животного;  $r$  – дальность детекции (обнаружения);  $\theta$  – угол детекции (в радианах).

Для каждого вида животных параметры подвижности зависят от множества факторов: глубины снежного покрова, кормности угодий, температуры воздуха, пола, возраста и пр. Большинство этих факторов и, соответственно, показатели подвижности существенно меняются по сезонам и годам. В случае использования усредненных многолетних данных неизбежно снижается репрезентативность результатов учета.

Целью нашей работы является создание и апробирование нового метода сбора и интерпретации наблюдений, который позволит отказаться от использования при расчёте плотности населения такого сложно определяемого параметра, как скорость передвижения животного (Подольский, Кастрикин, Левик, Гордеева, 2019).

## **Материал и методы**

Мы использовали цифровые автоматические камеры Seelock, Bushnell и ScoutGuard в количестве 4 единиц, установленные в Антоновском лесничестве Хинганского заповедника на поросшей дубняком возвышенности. Основной задачей камер было наблюдение за барсуками (*Meles leucurus* Hodgson, 1847) на

территории их поселений. Для этого, камеры были установлены на запись видео с интервалом между повторными включениями 1 секунда. Запоздывание между входом объекта в зону чувствительности датчика и началом записи также составляет около 1 секунды. Чувствительность PIR –датчика (датчика теплового излучения) устанавливалась для камер Bushnell на авто, на остальных, на которых режим авто отсутствует – на среднюю чувствительность. По времени, работа камер распределилась следующим образом: одна работала с 25 июня по 18 июля, две – с 30 сентября по 22 октября и одна – с 25 июня по 22 октября с перерывами, связанными с отключениями камеры ввиду разрядки батарей. Всего, камеры отработали 1752 часа. Дальность срабатывания датчика по объекту «косуля» определялась предварительно для каждой фотокамеры на примере собаки схожих массо-габаритных характеристик и составила более 10 метров. Для каждой из камер, мы, после снятия информации, имели количество фиксаций косуль, время нахождения в поле фиксации каждого животного или группы, площадь поля фиксации (единую для всех камер) и продолжительность работы каждой камеры.

Как мы уже упоминали, учёт не был основной целью использования камер, поэтому их было мало для работы по оценки плотности населения, расстановка не была оптимальной (ввиду чего дистанция между ними колебалась от 100 до 300 метров), все задействованные фотоловушки размещались в одной станции. Тем не менее, мы считаем, что полученные данные могут быть использованы для нашей работы, так как её цель – предложить к обсуждению метод учёта.

Если в подходе, используемом Роклифом, был реализован тот же принцип, что и в ЗМУ (линейный учёт), то в своей работе мы решили реализовать подход, применяемый в учётах прогоном или двойным окладом (Русанов, 1986) – площадной учёт. Для этого, мы рассматривали факт

пребывания животного в поле фиксации фотокамеры не как условное пересечение линии/сектора наблюдения, а как его временное нахождение на площадке фотоучета.

Разумеется, при фиксированной плотности населения животных на территории наблюдения, на площади, существенно меньшей территории обитания одной особи животные будут находиться не постоянно, а лишь какую-то часть времени. В случае, если всё местообитание одинаково привлекательно, на каждом его произвольном участке животные будут находиться часть времени, пропорциональной размеру участка. Как и во многих других выборочных методах учёта, будем исходить из предположения, что животные внутри стаций распределены равномерно, метод учёта не влияет на поведение объекта учёта, численность и подвижность животных за время учёта характеризуются постоянными мерами положения и рассеивания.

Предложенный нами подход можно иллюстрировать следующим условным примером. Если бы одно животное определенного вида находилось в зоне срабатывания фотоловушки все время экспозиции камеры, то плотность населения этого вида составляла бы 1 особь на площадь фотоучета.

При плотности одна особь на тысячу га, на площадке пятьсот га животное будет находиться половину времени, плотность составит 0.5 ос/500 га. На 100 га – соответственно 0.1 времени или 0.1 ос/100 га. То есть – время пребывания животных на выборочной площадке отражает плотность на ней.

Исходя из этого, мы можем, вычислив долю времени пребывания исследуемого объекта на выборочной площадке (представленной в нашем случае зоной учёта фотоловушки), рассчитать плотность его населения на ней (назовём её  $D_f$ ).

Учитывая, что плотность населения животных определенного вида в зоне учёта фотокамеры ( $D_f$ ) отражает плотность их населения на территории обитания (назовём её  $D$ ), мы можем вычислить  $D$  по известной формуле

$D=D_f= N_f/S_f$ , где  $N_f$  – число животных (среднее) в зоне учёта фотокамеры  $S_f$ .

Как отмечалось выше, количество животных в поле учёта фотоловушки равно доле времени пребывания животных в ней,

$$N_f=\Sigma(y_i \times t_i)/T_f= \Sigma( (y_1 \times t_1)/T_f+(y_2 \times t_2)/T_f+ \dots +(y_n \times t_n)/T_f) = \Sigma((y_i \times t_i)/T_f), \text{ где} \quad (1)$$

$y_i$  – размер  $i$ -той группы в поле учёта,  $t_i$  – время пребывания  $i$ -той группы в поле учёта и  $T_f$  – время работы фотоловушки.

Или

$$N_f=n(y \times t)/T_f, \text{ где} \quad (2)$$

$n$  – число заходов групп в поле учёта фотоловушки (количество фото/видеофиксаций),  $y \times t$  – среднее значение для всех  $y_i \times t_i$

И тогда

$$D=D_f= N_f/S_f= \Sigma(y_i \times t_i)/(S_f \times T_f) \quad (3)$$

Исходя из второго свойства среднего квадратичного отклонения ( $SV$ ),  $SV(C \times X) = C \times SV(X)$ , где  $C$  – константа.

Тогда, учитывая, что в уравнении (2) отношение  $n/T_f$  является константой, стандартное отклонение для среднего количества животных  $SV(N_f)$  в зоне учёта фотоловушки будет равно

$$SV(N_f) = SV(y \times t) \times n / T_f \quad (4)$$

В свою очередь, в уравнении (3) константой является  $1/S_f$  и тогда стандартное отклонение для плотности населения животных на территории исследования рассчитывается как

$$SV(D) = SV(N_f) / S_f \quad (5)$$

Разумеется, если на допустимом уровне значимости распределение переменной  $y_i \times t_i$  не соответствует нормальному, применения стандартного отклонения для построения интервальной оценки генеральной средней следует избегать. В таких случаях применим бутстрэп (bootstrap) метод получения псевдовыборок с последующим расчётом интервальной оценки по процентилям.

Для выставленной матрицы фотоловушек при расчёте средней плотности населения применяется формула (3), при этом наблюдения со всех фотокамер объединяются в общую таблицу, а время работы камеры ( $T_f$ ) заменяется суммарным временем работы всех камер в пределах одного биотопа. Соответственные поправки вносятся и в формулы (4) и (5) при расчёте стандартных отклонений для матрицы. Необходимым требованием, в данном случае, является одинаковая для каждой из применяемых фотокамер площадь учёта  $S_f$ . Если это требование не выполняется, данные со всех фотокамер не объединяются в общую матрицу, а обрабатываются отдельно для каждой. С одной стороны, это несколько усложняет вычисления, но с другой, избегая выравнивание всех камер по наименьшему показателю, увеличивает площадь «облова».

Перед началом учета необходимо с максимально возможной точностью, опытным путем, определить и обозначить на местности площадь фоторегистрации каждой установленной камеры. Применительно к лесу, зону



учёта можно разметить кольшками, обозначающими угол и дальность в секторе, в котором будет проводиться учёт. Для фиксации времени пребывания в зоне учёта необходимо настроить камеру на режим видеофиксации или фотофиксации с минимальным интервалом (большинство современных камер позволяют задавать интервал 1 сек). Время пребывания животных в зоне фотоучета должно регистрироваться с точностью до секунд.

Итак, основными параметрами предлагаемого нами метода учета являются: 1) площадь детекции (фоторегистрации); 2) длительность работы камеры (экспозиция); 3) время пребывания (в секундах) животных учитываемого вида в зоне фоторегистрации.

Указанных трех параметров достаточно для корректного определения плотности населения учитываемого вида в зоне фоторегистрации без использования дополнительных переменных.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В дубовых и дубово-черноберезовых лесах, наиболее характерных для Хинганского заповедника, было установлено 4 камеры вблизи нор барсуков с целью слежения за их активностью. Данные по численности косуль собирались попутно, однако мы считаем, что они вполне могут быть использованы для апробации предлагаемого метода учёта с помощью фотоловушек (таблица).

**Таблица.** Данные по видеофиксации косуль автоматическими камерами

Номер	Размер	Время	$y \times t$ ,
-------	--------	-------	----------------

наблюдения	группы (y), особей	нахождения в зоне детекции (t), секунд	особей×секунд
1	1	2	2
2	1	4	4
3	1	8	8
4	1	49	49
5	1	12	12
6	1	35	35
7	1	18	18
8	1	13	13
9	1	14	14
10	1	22	22
11	1	5	5
12	1	3	3
13	1	9	9
14	1	12	12

Общее время работы всех камер составило 12 096 000 секунд. Площадь детекции каждой – 10 кв.м., или 0.001 га.

Рассмотрим распределение значений переменной  $y_i \times t_i$ . Как видим (рис), маловероятно, чтобы оно соответствовало нормальному (хотя полностью отвергнуть такое предположение мы не можем).

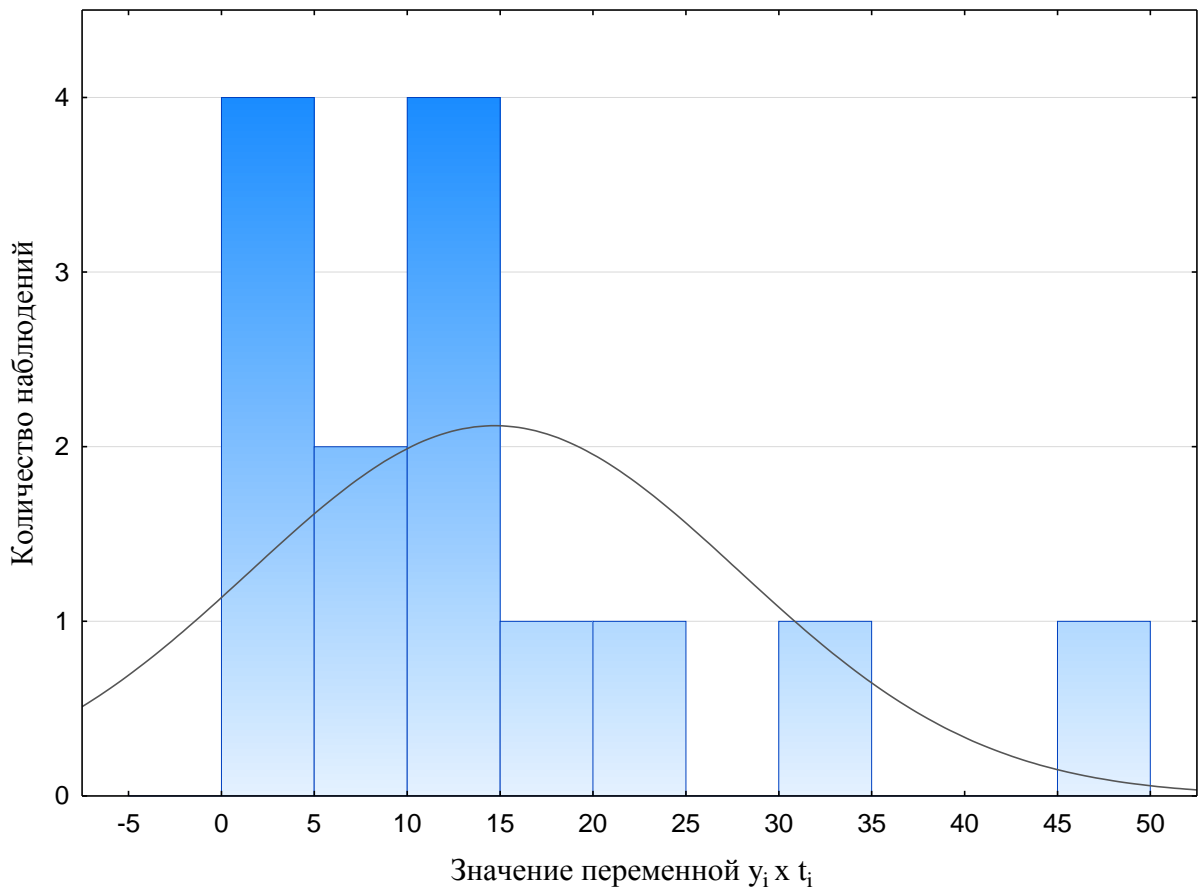


Рис.

Гистограмма переменной  $y_i \times t_i$ .

Воспользуемся для построения доверительного интервала генеральной средней плотности косули бутстрэп методом, сформировав 1000 псевдовыборок. Полученная по выборочным средним интервальная оценка генеральной средней, заключённая между перцентилями 2.5 и 97.5, лежит между значениями 12.3 и 29.3 при среднем значении 19.9. То есть, с 95% вероятностью, плотность косули на исследуемом нами участке составляет  $D = 19.9 + 9.4 \cdot [-7.6 \text{ ос}/1000 \text{ га}]$ .

Так как полностью отвергнуть предположение о нормальном распределении переменной  $y_i \times t_i$  мы не можем, а также для сравнения с оценками, полученными выше, найдём среднюю выборочную и оценку генеральной средней плотности косуль по исходной выборке. Средняя выборочная равняется 17 ос/1000 га, стандартное отклонение 15.3 ос/1000 га.

Учитывая, что 95% интервальная оценка генеральной средней для нормально распределённой величины лежит в пределах плюс/минус двух стандартных отклонений, получим  $D = 17.0 \pm 30.6$ .

Как видим, хотя средние значения плотности при двух выше проведённых расчётах отличаются не значительно, интервальная оценка при использовании бутстрэп метода в разы уже, а значит и более предпочтительна в нашем случае.

Таким образом, выборочная плотность населения косули, по результатам учёта 4 автоматическими камерами составила  $19.9 + 9.4 | - 7.6$  ос/1000 га.

Разумеется, полученные результаты лишь иллюстрируют возможность проведения учёта предложенным способом. Для полноценной работы по оценке плотности камеры должны устанавливаться во всех станциях, число их должно измеряться не единицами, а десятками, распределены они должны быть по гораздо большей площади.

Тем не менее, у нас есть возможность наш необъективный (по количеству и размещению фотокамер) итог работ сравнить с данными по плотности населения косули в пределах рассматриваемого участка, полученными на площадке многодневного оклада в феврале 2011 г. Тогда, по результатам трёх суток учёта, она составила 18 ос/1000 га. Использовать стандартное отклонение для выборки из  $n=3$  весьма спорно, поэтому приводить его здесь не будем.

Как видим, величины, полученные как учётом на площадке оклада, так и учётом камерами, - одного порядка. И хотя это результат скорее случайный, чем закономерный, он скорее говорит в пользу правомерности применённого нами подхода, чем против него.

К сожалению, определить плотность населения, используя формулу Роклифа, не представляется возможным, так как в бесснежный период мы не знаем скорость передвижения (суточный ход) косуль – параметр, необходимый для расчёта. Однако, если предложенная нами формула верна, используя её и формулу Роклифа, можно получить длину суточного хода косули. Если она будет не очень сильно отличаться от реальных данных, то это также будет аргументом в пользу применимости нашего метода.

Итак, если наша формула даёт правильную оценку плотности, то и расчёт по формуле Роклифа даст ту же оценку, то есть для плотности  $D=17.0$  ос/1000 га,

$$(y/t) \times (\pi / vr(2+\theta)) = 17.0, \text{ где}$$

$y/t$  – кол-во фотофиксаций за время работы камер  $14/140=0,1$   
фотофиксация в сутки,

$r$  – дальность работы каждой фотоловушки, 0,005 километров

$\theta$  – угол сектора работы объектива каждой фотоловушки, 48 градусов или 0,84 радиана

Итого,

$$0.1 \times (3.14 / (v \times 0.005(2+0,84))) = 1.7$$

$$v = 13.0 \text{ км/сутки}$$

Значение длины суточного хода, найденное с помощью формулы Роклифа, довольно велико для известных значений – то есть для зимы. Однако, истинное значение данного параметра для бесснежного периода времени не известно. Наибольшее (9 из 14) количество фотофиксаций косуль было

получено в октябре, когда косули совершают длинные суточные кочевки на находящиеся недалеко от границ заповедника соевые поля для наживровки. Учитывая этот факт, длина суточного хода не выглядит чрезмерной.

Если отбросить данные за осенний период, оставив только летние (номера наблюдений 1-2, 12-14) , то длина суточного хода, рассчитанного по формуле Роклифа, составит 3 км.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Мы ставили перед собой цель разработать метод, позволяющий использовать фотоловушек для оценки плотности населения массовых видов животных без включения в расчеты скорости их передвижения. Для этого мы предложили считать каждую фото/видеорегистрацию как наблюдение, учитывая не только количество регистраций в секторе фотоловушки, но и время пребывания животных в секторе.

Разработанный нами метод решает две задачи:

1) позволяет рассчитать плотность населения, используя лишь один изменяющийся параметр – время пребывания животного в поле фото/видеорегистратора;

2) поскольку с одного и того же массива фотокамер можно вычислить плотность населения животных как с помощью формулы Роклифа, так и предложенным нами способом, становится возможным расчет скорости передвижения животного.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Кастрикин В.А. 2019. Какой танк самый лучший? // Русский охотничий журнал, вып. 2 (77), с. 16-19.

Малышев В.И. 1936. Количественный учет млекопитающих по следам. // Вестник Дальневосточного филиала АН СССР. Владивосток, вып. 16, с. 177-179.

Перелешин С.Д. 1950. Анализ формулы для количественного учета млекопитающих по следам. // Бюлл. МОИП, отд. биол., т. 55, вып. 3, с. 17-20.

Подольский С.А., Кастрикин В.А., Левик Л.Ю., Гордеева Я.С. Методология использования фотоловушек для оценки обилия и сезонных изменений населения млекопитающих на примере Зейского заповедника // Байкальский зоологический журнал. 2019 г. №2 (25) октябрь. С.6 -12

Русанов Я.С. Основы охотоведения. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 160 с.

Формозов А.Н. 1932. Формула учета млекопитающих по следам. // Зоол. журн., т. 11, вып. 2, с. 66-69.

Karanth, K.U., and J.D. Nichols. 1998. Estimating tiger densities in India from camera trap data using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79:2852-2862.

Rowcliffe, J. M., J. Field, S. T. Turvey, and C. Carbone. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition // *Journal of Applied Ecology*. Vol. 45. P.1228-1236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x>