

## Промысловые виды и их биология

# Новые подходы к анализу материалов чтения меток на самках морских котиков

А.И. Болтнев<sup>1</sup>, А.И. Михайлов<sup>1</sup>, Е.А. Болтнев<sup>1</sup>, С.И. Корнев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), проезд Окружной, 19, Москва, 105187

<sup>2</sup> Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»), ул. Набережная, 18, г. Петропавловск-Камчатский, 683000

E-mail: aboltnev@vniro.ru; aboltnev@mail.ru

**Цель:** разработка методов анализа материалов по возврату меток от северных морских котиков в целях изучения их жизненного цикла и репродуктивной биологии.

**Метод:** мечение металлическими метками детёныш морских котиков проводилось на Командорских островах с 1961 г. Чтение меток на котиках с помощью оптических приборов проводилось в 1982–2014 гг. в течение гаремного периода на Центральном участке Северного лежбища (о. Беринга).

**Новизна:** впервые рассчитаны коэффициенты мечения и потери меток для самок котиков до 14-летнего возраста. Впервые проведена верификация материалов возврата меток, показана репрезентативность данных и возможность их использования для анализа жизненного цикла и вопросов размножения котиков.

**Результаты:** выход самки на лежбище в гаремный период рассматривался как участие в размножении. На основе данных радиомечения самок котиков определена вероятность встречи наблюдателем меченой самки на лежбище в течение гаремного периода, которая оказалась практически равной 1. Вероятность того, что в течение гаремного периода меченая самка не будет зарегистрирована наблюдателем, оказалась пренебрежительно мала ( $0,23 \cdot 10^{-3}$ ). Представлены коэффициенты мечения котиков на Командорских островах в 1980–2011 гг. В соответствии с математической моделью ежегодная потеря меток самками в возрастном интервале от 2 до 14 лет составила 4% на 95%-ном уровне достоверности. По результатам расчётов видно, что методика чтения меток на живых котиках даёт достоверный репрезентативный материал, пригодный для анализа жизненного цикла самок.

**Ключевые слова:** северный морской котик, мечение и чтение меток, методика анализа возврата меток, коэффициенты мечения и потери меток.

## New approach to analysis to tags reading data of northern fur seal females

Alexander I. Boltnev<sup>1</sup>, Andrey I. Mikhaylov<sup>1</sup>, Evgenij A. Boltnev<sup>1</sup>, Sergej I. Kornev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

<sup>2</sup> Kamchatka branch of «VNIRO» («KamchatNIRO»), 18, Naberezhnaya st., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia

**Purpose:** Development of methods for the analysis of materials on the return of tags from northern fur seals in order to study their life cycle and reproductive biology.

**Method:** Metal tagging of fur seal pups has been carried out on the Commander Islands since 1961. Reading marks on seals using optical devices was carried out in 1982–2014. during the harem period on the Central site of the Northern rookery (Bering Island).

**Novelty:** For the first time, the coefficients of tagging and loss of tags for female fur seals up to 14 years of age have been calculated. For the first time, the verification of tag return materials was carried out, the representativeness of the data and the possibility of their use for the analysis of the life cycle and breeding issues of seals were shown.

**Results:** The arrival of the female to the rookery during the harem period was considered as participation in reproduction. Based on the data of radio-tagging of female seals, the probability of meeting a tagged female on a rookery during the harem period was determined, which turned out to be almost equal to 1. The probability that during the harem period a tagged female will not be registered by an observer turned out to be negligibly small ( $0.23 \cdot 10^{-3}$ ). The coefficients of fur seal tagging on the Commander Islands in 1980–2011 are presented. In accordance with the mathematical model, the annual loss of marks by fur seal females in the age range from 2 to 14 years was 4% at a 95% confidence level. According to the results of calculations, it was shown that the method of reading marks on live seals provides reliable representative material suitable for the analysis of the life cycle of females.

**Keywords:** northern fur seal, tagging and tag reading, tag return analysis technique, tagging rates and tag loss.

## ВВЕДЕНИЕ

Использование мечения животных позволяет получить ценный материал к характеристике многих вопросов их биологии, начиная от определения границ ареала и путей сезонных и кормовых миграций до возрастной характеристики смертности, продолжительности жизни, воспроизводства и многих других вопросов жизненного цикла животных. У северных морских котиков массовое мечение металлическими метками щенков было начато по решению четырёхсторонней комиссии по котикам Северной части Тихого океана (1957–1984 гг.). Основной задачей мечения была оценка путей миграции и мест зимовки морских котиков, которая решалась в результате организации экспериментальной добычи животных в море, проводимой странами-участницами комиссии (Россия, США, Япония и Канада).

Кроме того, материал по возврату меток собирали во время коммерческого промысла котиков-холостяков на берегу, позволяющего получить информацию о смешивании котиков разных популяций на гаремных лежбищах. Применение с конца 1960 – начала 1970-х гг. оптических приборов (бинокль, зрительная труба ЗРТ-457) для дистанционного чтения меток на живых котиках объём получаемого материала расширился. Возврат меток от живых животных позволил выяснить возрастной состав размножающихся самок и самцов, вопросы хоминга (возврат к месту рождения особи) и филопатрии (возврат к месту первого размножения), репродуктивного поведения котиков и др. [Kenyon, Wilke, 1953; Kenyon, 1960; Бычков, 1964; Peterson, 1968; Чугунов, 1966; Челноков, 1982; Владимиров и др., 1982; Владимиров, Садовов, 1982; Владимиров, Лыскин, 1984; Болтнев, 1989; Владимиров, 1998].

Дальнейшее развитие исследований предполагает наблюдение за животными на протяжении всего их жизненного цикла, что требует индивидуального подхода к анализу материала, рассматривая животных как континуум индивидуальных жизненных стратегий у котиков, определяющих многие стороны их биологии [Болтнев, 2011; 2016; 2017]. Надо отметить, что до сих пор полного анализа жизненных циклов у морских котиков не проводилось. Вместе с тем, многолетнее чтение меток на лежбищах острова Медный (с 1970 г.), а также с 1982 г. на Северном лежбище острова Беринга, может позволить проследить весь жизненный цикл самок. Однако высокая неопределенность материалов по чтению меток на живых котиках требует более тщательного подхода к разработке методов их анализа. В свете изложенного актуальным становятся вопросы о репрезентативности

и достоверности данных по чтению меток на котиках и о возможности использования этих данных для анализа воспроизводства котиков в их жизненном цикле.

В данной работе предпринята попытка на основе результатов многолетнего чтения меток на самках котиков Северного лежбища острова Беринга разработать методические подходы к изучению жизненного цикла самок, вопросов их воспроизводства и репродуктивного успеха, а также оценить репрезентативность этих материалов.

## МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛ

*Мечение приплода котиков металлическими метками.* На Северном лежбище острова Беринга мечение котиков было начато в 1961 году. Проходило оно в основном на Центральном участке (в районе наблюдательной вышки), щенков загоняли во временные загородки непосредственно с Центрального участка лежбища и прилежащих к нему рифов, а также с участка Эстакада (в случае больших объёмов мечения) на мелководье. Объём мечения значительно колебался в разные годы. Наиболее значительным он был в 1960–1970-х гг., изменяясь от 1250 в 1974 г. до 8700 щенков в 1964 г., в среднем это составило около 4500 щенков в год (в 1965 г. мечение не проводилось). В 1980–1994 гг. интенсивность мечения щенков колебалась от 594 до 2900 щенков в год, постепенно снижаясь к концу периода, когда устанавливались последние отечественные метки из запасов лаборатории морских млекопитающих КамчатНИРО. Средняя интенсивность мечения за этот период составила около 2000 щенков ежегодно.

С 1995 г. для проведения специальных работ в ограниченном количестве мы использовали метки, любезно переданные нам американскими коллегами (NMML, NOAA, г. Сиэтл, США), однако это происходило не ежегодно. И лишь с 2003 г. после получения большой партии заказанных КамчатНИРО металлических меток из США мечение возобновилось в объёме около 1000 щенков котиков ежегодно, пока не прекратилось окончательно в 2011 г.

Надо отметить, что в начале 1960-х гг. при мечении детёнышам ставили по одной метке на ласт, в 1965–1970-х гг. – и по одной, и по две метки. Понятно, что для расчёта коэффициентов использовались только животные, помеченные в возрасте до 1,5 месяцев, с двумя одинаковыми метками, в которых совпадали номер и серия метки.

*Чтение меток на котиках.* Чтение меток на котиках Северного лежбища проводилось в основном в течение репродуктивного сезона в 1982–2014 гг., преимущественно с последней декады июня по нач-

ло августа на участке Центральный, где расположена наблюдательная вышка высотой около 10–12 м. Наблюдатель обычно находился на вышке и осматривал все находящиеся на Центральном участке залёжки самок с периодичностью ориентировочно 1 раз в течение 10–15 минут на предмет поиска меченых самок. Таким образом, за рабочий день продолжительностью до 6–8 часов многократно осматривались все самки на данном участке. В случае встречи меченой самки наблюдатель читал метку с помощью зрительной трубы ЗРТ-457М с 30- и 60-кратным увеличением в зависимости от удаления от вышки. Обычно это занимало от нескольких секунд до 1–3 минут (если самка активно двигалась). Чтение меток проводилось также с помощью полевых биноклей из передвижного наблюдательного пункта (ПНП), когда его использовали для проведения специальных работ на данном участке лежбища. В отдельные годы чтение меток продолжалось в течение всего августа и первой недели сентября, когда на лежбище выходили 1–2-летние самки. Пол у таких самок определяли по их поведению при взаимодействии с молодыми секачами, ещё продолжавшими имитировать «гаремное поведение» уже после завершения периода деторождения. В отдельные годы (во время промысла сеголеток) чтение меток продолжалось до середины ноября. Всего было прочитано 3208 меток на самках котиков, помеченных металлическими метками примерно в месячном возрасте в 1961–1997 гг. Часть меченых самок была встречена на лежбище лишь в один из сезонов наблюдений, другие встречались многократно – максимально 17 сезонов (без учёта пропусков размножения). Общее число повторных встреч всех самок составило 7855, каждая встреча означает участие в очередном репродуктивном сезоне. У каждой из встреченных самок мы отмечали наличие щенка. Также отмечалось наличие или отсутствие второй метки на другом ласте самки.

*Верификация первичного материала.* При чтении меток возможны ошибки в определении серии или номера метки. Если возникали сомнения в правильности чтения номера или серии метки, то такие метки в базу данных не заносились изначально. Тем не менее, вероятность ошибки прочтения метки наблюдателем через увеличительную оптику оставалась. Поэтому в анализе мы использовали метки самок, которые были прочитаны наблюдателем не менее 2-х раз. Метки, встреченные один раз за весь период наблюдений и достоверно прочитанные из ПНП или с наблюдательной вышки, но не получившие подтверждения в виде второй встречи, в данном анализе не использовались.

Интенсивность чтения меток была максимальна на Центральном участке лежбища. Поэтому метки, прочитанные из ПНП на других участках лежбища, прочтение которых невозможно из оптических приборов с наблюдательной вышки, в данном анализе также не использовались.

Таким образом, из всего массива данных для анализа мы использовали только тех самок, метку которых можно было прочесть с наблюдательной вышки и которые встречались 2 раза и более. Всего таких меченых самок было 1268, выходивших на лежбище суммарно в течение 5111 гаремных сезонов. Каждая из них выходила по 2 раза и более за сезон.

### *Репрезентативность материала*

Несмотря на наши усилия по верификации материала и исключению меток, в правильности прочтения которых есть хоть малейшие сомнения, высокая степень неопределённости полученного материала по чтению меток на живых котиках остаётся. Действительно, результаты чтения меток зависят от продолжительности нахождения самки на берегу и в море, от продолжительности наблюдений, от погодных условий, непосредственно влияющих на поведение самок (в плохую погоду самка много времени лежит без движения и плохо «показывает» метку), от индивидуальных особенностей наблюдателя. Важно выяснить, насколько эти факторы могут влиять на результаты чтения меток. Другими словами, насколько репрезентативными являются собираемые по этой методике материалы, поскольку, исходя из выше сказанного, число встреченных меченых самок может быть только заниженным, возможно даже существенно.

Один из главных вопросов – вопрос о влиянии периодических перемещений самок между берегом и морем на вероятность фиксирования её наблюдателем. Для оценки этой вероятности мы использовали материалы мечения самок радиопередатчиками, проведенного в 1997 году [Болтнев, 2011] и позволившего точно установить время нахождения самки на берегу и время, проведённое ею в море. В расчёте использованы данные 39 самок, которые были помечены сразу после рождения ими щенков. Было установлено, что первый визит на лежбище для рождения щенка по продолжительности был равен в среднем  $6,1 \pm 1,5$  дня, после которого самка ушла в море на  $4,4 \pm 1,5$  дня. В дальнейшем самка выходила на берег на 1,1–1,8 дня для кормления щенка и вновь уходила в море на 2,9–7,3 дня для собственной кормёжки. Общее время наблюдений составило  $97,8 \pm 8,85$  дней, из которых  $25,6 \pm 2,8$  дня (или 26,2% времени) самки находились на лежбище и  $72,2 \pm 8,4$  дня в море (73,8%

времени). Таким образом, вероятность встречи самки с наблюдателем при разовом посещении лежбища составит  $p_1 = 0,26 \pm 0,041$ ; а вероятность нахождения самки в море –  $p_s = 0,74 \pm 0,016$ .

Практически ежедневное чтение меток проводилось в течение всего гаремного периода, продолжительность которого (наиболее интенсивный период деторождения) составляет порядка 45 дней. Вероятность того, что наблюдатель не обнаружит помеченную самку ни разу за весь период наблюдения, составляет  $0,73^{45} \approx 0,7 \cdot 10^{-6}$ . Иными словами, наблюдатель учитывает всех прибывающих на лежбище в данный сезон размножения самок с вероятностью, близкой к 1.

Теперь попытаемся оценить вероятность прочтения (распознавания) метки наблюдателем. Этот параметр можно косвенно оценить по материалам чтения меток на Центральном участке лежбища с наблюдательной вышки и из ПНП в те дни, когда одновремен-

но с чтением меток проводились специальные работы по мечению и взвешиванию щенков котиков на этом участке. Работа ПНП вызывала незначительное беспокойство котиков, их передвижение на несколько метров от места работы, иногда переход самки из одного гарема в другой. Это позволяло несколько увеличить эффективность чтения меток с наблюдательной вышки. Тем не менее, часть меток наблюдатели с вышки прочесть не смогли по той или иной причине. Однако эти неучтённые наблюдателем с вышки метки были зафиксированы наблюдателем из ПНП. Таким образом, общее количество распознанных меток, за исключением продублированных, что достигается сличением номеров меток, увеличилось. Доля меток, распознанных наблюдателем с вышки, в общем количестве распознанных меток, в массиве наблюдений за 1985–1987 гг. представлена в табл. 1. Всего в 1985–1987 гг. было проведено 25 таких наблюдений.

**Таблица 1.** Одновременное чтение меток с вышки и из ПНП в 1985–87 гг. и вероятность идентификации меток наблюдателем

**Table 1.** Simultaneous reading of metal tags from the tower and from the PNP in 1985–1987 and the probability of reading the tags by an observer

Прочитано с вышки	Прочитано из ПНП	Всего прочитано меток	Вероятность идентификации метки наблюдателем с вышки
25	5	30	0,83
26	8	34	0,76
36	11	47	0,77
65	8	73	0,89
3	7	10	0,30
10	12	22	0,45
2	8	10	0,20
10	2	12	0,83
15	4	19	0,79
15	9	24	0,63
26	29	55	0,47
13	3	16	0,81
14	14	28	0,50
12	29	41	0,29
20	22	42	0,48
30	35	65	0,46
45	12	57	0,78
23	11	34	0,68
40	26	66	0,61
56	35	91	0,62
43	29	72	0,60

Окончание табл. 1

Прочитано с вышки	Прочитано из ПНП	Всего прочитано меток	Вероятность идентификации метки наблюдателем с вышки
100	7	107	0,93
57	39	96	0,59
60	34	94	0,64
26	37	63	0,41
Суммарно: 772	436	1208	0,64

Таким образом, выборочная вероятность прочтения метки находящейся на лежбище самки наблюдателем с вышки, составила  $p_2 = 0,64 \pm 0,20$  (здесь и далее указано SD – стандартное отклонение).

С учётом кормовых циклов (берег-море) вероятность обнаружения меченой самки будет равна произведению вероятности нахождения её на берегу и вероятности прочтения метки наблюдателем, составив:

$$P = p_1 \cdot p_2 = (0,26 \pm 0,041) \cdot (0,64 \pm 0,20) = 0,17 \pm 0,06. \quad (1)$$

Вероятность того, что меченая самка не будет зарегистрирована за весь период наблюдения продолжительностью  $D = 45$  дней, составляет  $(1 - P)^D = (1 - 0,17)^{45} \approx 0,23 \cdot 10^{-3}$ . Иными словами, даже с учётом сложности удалённого распознавания метки, вероятность того, что прибывшие на лежбище помеченные самки не будут учтены наблюдателем, пренебрежимо мала в силу достаточно продолжительного периода наблюдений.

### Коэффициент мечения

Для выравнивания оценок при межгодовых сравнениях результатов чтения меток на котиках мы использовали коэффициент мечения, который рассчитывался как количество живых щенков в приплоде, приходящееся на одного меченого щенка.

Этот показатель менялся от 2,61 щенков в 1964 г. до 50,5 щенков в 1990 г. Частично эти данные опубликованы в работе В.А. Владимириова с соавторами [1982], поэтому в табл. 2 мы приводим коэффициент мечения котиков в годы, не вошедшие в данную публикацию.

### Расчёт коэффициента потери меток

Коэффициент потери меток ( $K_{\text{пп}}$ ) рассчитан нами в соответствии с алгоритмом В.Л. Андреева с соавторами (1978) по соотношению самок с двумя метками и самок с одной меткой для каждого возрастного класса среди котиков, помеченных при рождении двумя метками (табл. 3).

**Таблица 2.** Коэффициенты мечения морских котиков на береговых лежбищах в 1981–2011 гг.

**Table 2.** Coefficients of tagging fur seals on coastal rookeries in 1981–2011

Год	Северное	Северо-Западное	Юго-Восточное	Урилье
1981	8,86	6,80	10,26	11,50
1982	9,40	9,28	9,01	8,90
1983	9,38	8,25	9,78	11,60
1984	9,95	9,88	10,17	8,97
1985	9,47	9,45	8,52	10,37
1986	9,21	9,79	20,45	18,20
1987	9,94	9,53	9,85	
1988	13,41	8,56		
1989	18,61	16,62	35,56	16,22
1990	50,47			21,15
1991	36,77			56,00
1992	23,34			
1993	26,99	13,11		17,00
1994	18,80			
1995	72,97	10,40		12,93
1996	31,82	138,02		
1997	199,04	125,62		
1998				
1999				
2000	94,87			
2001				
2002				
2003	33,11			
2004	22,05			
2005	28,33	23,22		
2006	22,87			
2007	19,92			
2008	21,95			
2009	19,58	25,12		
2010	35,70			
2011	27,26			

**Таблица 3.** Соотношение самок котиков с 2-мя и 1-й меткой по данным полевых наблюдений в 1982–2014 гг. на Северном лежбище (фактические данные)

**Table 3.** The ratio of female fur seals with 2 and 1 metal tags according to field observations in 1982–2014 at the Northern rookery (actual data)

Количество меток	Возраст, лет																									Всего
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Обе метки ( $N_2$ )	27	46	75	46	41	50	37	29	37	19	14	13	7	6	3	4	4	2	2	1	2				465	
Только одна метка ( $N_1$ )	3	5	16	11	14	13	12	9	5	8	7	8	9	9	7	7	4	3	4	5	2	1	1	1	164	

Очевидно, что при расчёте реальной доли самок того или иного возраста в той или иной категории (рожавшие, нерожавшие) необходимо учитывать также величину их ежегодной смертности.

Процесс потери меток и смертности особей описывается следующими уравнениями:

$$\dot{N}_2 = -(Z + \lambda)N_2; \quad (2)$$

$$\dot{N}_1 = -(Z + \lambda)N_1 + \lambda N_2; \quad (3)$$

$$\dot{N}_0 = -ZN_0 + \lambda N_1, \quad (4)$$

где  $Z$  – мгновенный коэффициент общей смертности, в общем случае зависящий от времени;  $\lambda$  – темп потери меток;  $N_2$  – число самок с двумя метками на обоих ластах;  $N_1$  – число самок с достоверно установленной только 1-й меткой на ласти;  $N_0$  – расчётное количество немеченых особей в зависимости от возраста.

Здесь мы предполагаем, что мечение не оказывает существенного влияния на выживаемость меченых особей, что позволяет не только рассчитывать коэффициенты потери меток у котиков, но и оценивать возрастные показатели смертности (см., например, Андреев и др., 1978). Если бы такое влияние было бы существенным, то мечение как метод изучения динамики популяции был бы несостоительным, поскольку динамика помеченной субпопуляции принципиально отличалась бы от динамики основного стада и оценить смертность в основной популяции было бы нельзя. Кроме того, в случае наличия неучтённого влияния мечения на повышение смертности, численность всей популяции, оценённая по динамике меченых особей, будет оценкой снизу, тем самым обеспечивая соблюдения принципа предосторожности при разработке стратегии управления промыслом морских млекопитающих.

Решение уравнений (2) – (4) имеет вид:

$$N_2(T) = N_2(0) \exp\left(-\int_0^T Z dt - \lambda T\right); \quad (5)$$

$$N_1(T) = \lambda TN_2; \quad (6)$$

$$N_0(T) = (N_0(0) + N_2(0))(1 - (1 + \lambda T) \times \exp(-\lambda T)) \exp\left(-\int_0^T Z dt\right), \quad (7)$$

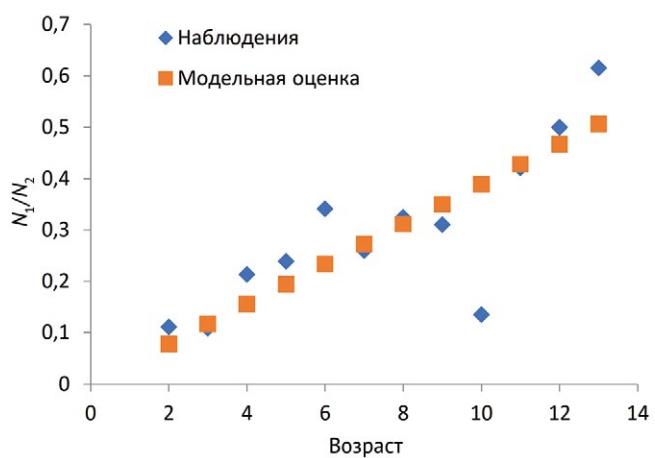
где  $T$  – возраст животного.

Общая расчёчная численность животных в возрасте  $T$  может быть выражена через численность меченых животных следующим образом:

$$N_0(T) = \frac{N_2(T)}{K_m} \exp(\lambda T) - (N_2(T) + N_1(T)), \quad (8)$$

где  $K_m = \frac{N_2(0)}{N_0(0) + N_2(0)}$  – коэффициент мечения поколения котиков в год его рождения.

Оценка темпа потери меток осуществляется на основе уравнения (6) методом регрессионного анализа. На рис. 1 представлены результаты этого анализа, наблюдённые значения отношения численностей особей с одной и с двумя метками и их теоретическая аппроксимация в зависимости от времени (возраста особи) согласно уравнению (6).



**Рис. 1.** Зависимость вероятности потери меток самками котиков от их возраста

**Fig. 1.** Dependence of the probability of tag loss by female fur seals on their age

Наблюдение значения отношения самок с одной и двумя метками наилучшим образом описывается регрессией с коэффициентом  $\lambda=0,039\pm0,003$ . С учётом 95% доверительного интервала оценок ежегодно помеченные животные теряют порядка 4% меток, а вероятность сохранить метки составляет  $e^{-\lambda}=0,961$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, в данной работе нами рассмотрены основные подходы к анализу данных возврата меток у котиков, рассчитаны коэффициенты мечения и темпы потери меток для выравнивания эмпирических данных. При этом особое внимание уделено валидации данных.

Во-первых, для оценки репродуктивных параметров мы предложили жёсткий отбор данных возврата меток. Так, метки, встреченные один раз за весь период наблюдений и достоверно прочитанные из ПНП или с наблюдательной вышки, но не получившие подтверждения в виде второй встречи в данном анализе не использовались. Этот подход снижает численность самок, которые имеют меньшую продолжительность жизни либо меньший репродуктивный потенциал и погибают или на многие годы (до конца жизни) выбывают из размножения после первого посещения лежбища и первого спаривания. Однако некоторая компенсация и увеличение численности таких самок происходит при использовании коэффициентов потери меток, о чём мы скажем ниже.

Во-вторых, были использованы все доступные эмпирические данные полевых исследований – включая материалы радиомечения самок в 1997 г., материалы чтения меток из ПНП, когда метку самки мы могли видеть даже невооружённым взглядом (без бинокля), – для оценки вероятности того, что меченая самка, вышедшая на лежбище для деторождения и спаривания, будет обнаружена наблюдателем. Оказалось, что вероятность фиксации всех размножающихся в данном репродуктивном сезоне меченых самок близка к 1 с учётом продолжительности наблюдений в течение всего гаремного периода.

В-третьих, впервые на основе собственных материалов были рассчитаны коэффициенты потери меток самками от 2-х до 14-ти лет. Ранее при анализе возврата меток от меченых самок использовались коэффициенты потери меток, рассчитанные на основе материалов возврата меток от самцов 2-х – 5-летнего возраста, забитых во время коммерческого промысла на Командорских островах [Андреев и др., 1978]. При этом не учитывался тот факт, что самцы уже в возрасте 4-х лет значительно крупнее 4-летних самок, соответственно, потеря закреплённых на передних ластах

меток у них может быть выше, чем у самок, за счёт влияния тканей быстрорастущих передних ластов на целостность замка метки. Кроме того, нами показано, что после 4-х – 5-ти лет рост показателей потери меток у самок продолжается (см. рис. 1). Поэтому использование наших собственных расчётных показателей потери меток даёт более точные оценки, касающиеся популяционных и репродуктивных параметров самок.

Эти результаты важны, поскольку на основе материалов многолетнего чтения меток на самках, с учётом их хоминга и филопатрии, мы можем проанализировать индивидуальные особенности репродуктивного цикла самок морских котиков, включая возраст полового созревания, периодичность деторождения, продолжительность жизненного цикла.

Понятно, что для анализа жизненного цикла самок требуется индивидуальный подход к каждой самке, начиная от её полового созревания и первого выхода для спаривания, рождения щенка и последующих выходов до полного исчезновения с лежбища. Этот материал может быть сгруппирован различными методами для оценки соответствующих репродуктивных параметров (возраст начала размножения и возраст его окончания, пропуски размножения и количество рождённых потомков в жизненном цикле и др.), которые могут быть рассчитаны как с учётом коэффициентов мечения и потери меток, так и без их учёта. Такой подход может дать верхнюю и нижнюю оценку этих параметров при сохранении общих тенденций их изменений. Вместе с тем, для оценки, например, возрастной структуры, а также многолетних изменений репродуктивных параметров в популяции морских котиков учёт коэффициентов мечения и потери меток обязателен.

Таким образом, несмотря на высокую степень неопределённости, заложенной в самом методе чтения меток на живых котиках, полученный материал по чтению меток надо признать репрезентативным и достоверным, что позволит его использовать с большой пользой для выяснения особенностей размножения самок котиков в течение жизненного цикла.

Конечно, для многолетних исследований репродуктивного цикла самок метод нанесения буквенно-цифровой метки раскалённым металлическим тавром, что с успехом используется для таких крупных животных как сивуч, морской слон, был бы более удобен хотя бы за счёт упрощения расчётов. Однако этот метод вряд ли применим для детёнышей морских котиков, поскольку их смертность из-за мелкого размера может быть весьма значительна, а возврат меток по этой причине минимален. Мечение же взрослых самок весьма трудоёмко, хотя и возможно с использова-

нием ПНП. В этом смысле, результаты нашего анализа многолетнего мечения и возврата меток у котиков помогут в будущем, в случае необходимости, спланировать детальные исследования жизненного цикла самок, включая влияние различных факторов (от антропогенных до естественной динамики среды) на их репродуктивный успех.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов свидетельствует, что в течение всего гаремного периода (примерно 45 суток) – наиболее активного чтения меток наблюдателями – вероятность учёта всех прибывающих на лежбище самок близка к 1. Выборочная вероятность прочтения метки находящейся на лежбище самки наблюдателем с вышки составила  $p_2 = 0,64 \pm 0,20$ . С учётом кормовых циклов (берег-море) вероятность обнаружения меченой самки составляет  $P = 0,17 \pm 0,06$ . Вероятность того, что меченая самка не будет зарегистрирована за весь период наблюдения пренебрежимо мала ( $\approx 0,23 \cdot 10^{-3}$ ). Таким образом, анализ вероятности прочтения меток на морских котиках с помощью оптических приборов позволяет считать полученный материал репрезентативным и пригодным для анализа их жизненного цикла.

Приведены сведения о коэффициентах мечения детёныш морских котиков в 1980–2011 годах на Северном лежбище острова Беринга и других лежбищах Командорских островов. Проведены расчёты вероятности потери меток котиками в возрасте от 2 до 14 лет. Показано, что с учётом 95% доверительного интервала оценок помеченные животные теряют ежегодно примерно 4% меток. Коэффициенты мечения и потери меток позволяют проводить межгодовые сравнения репродуктивных параметров котиков в течение их жизненного цикла.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Соблюдение этических норм

Все описанные в статье данные получены согласно этическим нормам в отношении животных. Все помеченные котики были возвращены в среду обитания. Чтение меток осуществлялось без отлова животных.

## Финансирование

Работа выполнялась в рамках государственного финансирования ФГБНУ «ВНИРО» и Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») в период с 1982 по 2022 гг.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В.Л., Булгакова Т.И., Челноков Ф.Г. 1978. Метод оценки некоторых параметров популяции морских котиков по материалам мечения // Труды ВНИРО. Т. 128. С. 23–32.
- Болтнев А.И. 1989. Смешиваемость и количественное распределение северных морских котиков по районам зимовки // Экология. № 5. С. 25–29.
- Болтнев А.И. 2011. Северный морской котик командорских островов. М.: ВНИРО. 264 с.
- Болтнев А.И. 2016. Морские млекопитающие в экосистеме: популяционная структура вида как следствие г/К-отбора // Мат. IX Межд. конф. «Морские млекопитающие Голарктики», г. Астрахань, 31.10–5.11. 2016. С. 76–84 (Russ./ Eng.).
- Болтнев А.И. 2017. Внутривидовой г/К-отбор у северного морского котика // Труды ВНИРО. Т. 168. С. 4–13.
- Бычков В.А. 1964. Наблюдения за самками морского котика на острове Тюленем // Известия ТИНРО. Т. 54, Труды ВНИРО. Т. 51. С. 91–95.
- Владимиров В.А. 1998. Структура популяций и поведение северных морских котиков // Северный морской котик: систематика, морфология, экология, поведение. В 2-х частях. М.: Наука. С. 555–722.
- Владимиров В.А., Садовов В.Н. 1982. Сезонная динамика возрастного состава самок морских котиков на гаремном лежбище // Изучение, охрана и рациональное использование морских млекопитающих. Тез. докл. VIII Всес. совещ. (Астрахань, 5–8 сент. 1982 г.). Астрахань. С. 71–73.
- Владимиров В.А., Лыскин Н.Н. 1984. Новые данные по размножению и структуре популяций северных котиков (*Callorhinus ursinus*) // Зоологический журнал. Т. 63. № 12. С. 1883–1890.
- Владимиров В.А., Лыскин Н.Н., Садовов В.Н. 1982. Некоторые результаты исследований биологии морских котиков на Урильем лежбище о. Медного в 1978–1981 гг. М.: ВНИРО. 76 с.
- Челноков Ф.Г. 1982. Хоминг и распределение котиков на гаремных территориях Юго-Восточного лежбища о. Медный // Изучение, охрана и рац. использование морских млекопитающих. Тез. докл. 8-го всесоюзн. совещ. Астрахань. С. 401–403.
- Чугунков Д.И. 1966. О локальности стад морских котиков, обитающих на островах Беринга и Медный // Известия ТИНРО. Т. 58. С. 15–21.
- Kenyon K.W. 1960. Territorial behavior and homing in the Alaska fur seal // Mammalia. V. 24. N 3. P. 431–444.
- Kenyon K.W., Wilke F. 1953. Migration of the northern fur seal, *Callorhinus ursinus* // J. of Mammalogy V. 34. № 1. P. 86–98.
- Peterson, R. S. 1968. Social behavior in pinnipeds with particular reference to the northern fur seal // The Behavior and Physiology of Pinnipeds / R.J. Harrison, R.C. Hubbard, R.S. Peterson, C.E. Rice, R.J. Schusterman, eds. New York: Appleton-Century-Crofts. P. 3–53.

## REFERENCES

- Andreev V.L., Bulgakova T.I., Chelnokov F.G. 1978. Method for estimating some parameters of the fur seal population based on tagging materials // Proceedings of VNIRO. T. 128. P. 23–32 (In Russ.).

- Boltnev A.I.* 1989. Miscibility and quantitative distribution of northern fur seals by wintering areas // *Ecology*, N 5, pp. 25–29 (In Russ.).
- Boltnev A.I.* 2008. The arrival of northern fur seal females in the rookery and duration of lactation// *Marine mammals of the Holarctic: Collection of scientific papers after the fifth International Conference*. Odessa, Ukraine. October 14–18, 2008. P. 95–100 (In Russ./Eng.).
- Boltnev A.I.* 2011. Northern fur seal of the Commander Islands // M.: VNIRO. 264 p. (In Russ.).
- Boltnev A.I.* 2016. Marine mammals in the ecosystem: population structure of species resulted from r/K-selection// *Marine mammals of the Holarctic: Collect. Papers after the 9th Intern. Conf. Astrakhan, Russia* 31 October – 05 November, 2016. P. 76–84 (In Russ./Eng.).
- Boltnev A.I.* 2017. Intraspecific r / K-selection in the Northern fur seal // *Proceedings of VNIRO*. T. 168. P. 4–13 (In Russ.).
- Bychkov V.A.* 1964. Observations of female fur seals on Tyuleniy Island // *Izvestia TINRO*. T. 54; *Proceedings of VNIRO*. T. 51. S. 91–95 (In Russ.).
- Vladimirov V.A.* 1998. Population structure and behavior of northern fur seals // *Northern fur seal: taxonomy, morphology, ecology, behavior*. In 2 parts. M. S. 555–722 (In Russ.).
- Vladimirov V.A., Sadov V.N.* 1982. Seasonal dynamics of the age composition of female fur seals in a harem rookery // *Study, protection and rational use of marine mammals: Abstr. report VIII All-Union meeting (Astrakhan, 5–8 Sept. 1982)*. Astrakhan. S. 71–73 (In Russ.).
- Vladimirov V.A., Lyskin N.N.* 1984. New data on the reproduction and population structure of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) // *Zoological journal*. T. 63. No. 12. S. 1883–1890 (In Russ., Res. English).
- Vladimirov V.A., Lyskin N.N., Sadovov V.N.* 1982. Some results of studies on the biology of fur seals on the Uriye rookery of Medny Island in 1978–1981. M., VNIRO. 76 p. (In Russ.).
- Chelnokov F.G.* 1982. Homing and the distribution of fur seals in the harem territories of the South-Eastern rookery of Fr. Copper // *Study, protection and rac. use of marine mammals. Theses of reports. 8th All-Union. meeting Astrakhan*. S. 401–403 (In Russ.).
- Chugunkov D.I.* 1966. On the locality of herds of fur seals living on the Bering and Medny islands // *Izvestia TINRO*. T. 58. P. 15–21 (In Russ.).

Поступила в редакцию 15.11.2021 г.  
Принята после рецензии 14.06.2022 г.