

УДК [599.745.3–152.6:629.735](268.56/268.55)

**В.И. Черноок<sup>1</sup>, И.С. Труханова<sup>2</sup>, А.Н. Васильев<sup>1</sup>, Д.И. Литовка<sup>3</sup>,  
Д.М. Глазов<sup>4</sup>, В.Н. Бурканов<sup>1,5\*</sup>**

<sup>1</sup> РОО «Совет по морским млекопитающим»,

Россия, 127322, г. Москва, ул. Фонвизина, 2/14, кв. 20;

<sup>2</sup> МБОО «Биологи за охрану природы»,

199106, г. Санкт-Петербург, 24 линия В.О., 3-7, пом. 1-Н ЧП 50-51, оф. 602, лит. Б;

<sup>3</sup> Аппарат Губернатора и Правительства Чукотского автономного округа,  
689000, г. Анадырь, ул. Беринга, 20;

<sup>4</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
119071, г. Москва, Ленинский проспект, 33;

<sup>5</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,  
683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

**ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО АВИАУЧЕТА  
АКИБЫ (*PUSA HISPIDA*) И ЛАХТАКА (*ERIGNATHUS BARBATUS*)  
В РОССИЙСКОЙ ЗОНЕ ЧУКОТСКОГО  
И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЕЙ ВЕСНОЙ 2016 Г.**

Весной 2016 г. в российской части Чукотского и восточной части Восточно-Сибирского морей были проведены инструментальные авиационные учеты с целью испытания технической возможности оценки численности и распределения кольчатой нерпы и лахтака на весенних льдах этих регионов. С увеличением расстояния до материка плотность залегания обоих видов тюленей снижалась. Наибольшая численность кольчатой нерпы наблюдалась в прибрежных районах, включая Колючинскую и Чаунскую губы.

---

\* Черноок Владимир Ильич, доктор географических наук, руководитель проектов, e-mail: [chernook@mail.ru](mailto:chernook@mail.ru); Труханова Ирина Сергеевна, кандидат биологических наук, руководитель проектов, e-mail: [irina\\_trukhanova@yahoo.com](mailto:irina_trukhanova@yahoo.com); Васильев Александр Николаевич, главный специалист, e-mail: [vasilev9grf@gmail.com](mailto:vasilev9grf@gmail.com); Литовка Денис Игоревич, кандидат биологических наук, советник Губернатора по науке, e-mail: [d-litovka@yandex.ru](mailto:d-litovka@yandex.ru); Глазов Дмитрий Михайлович, ведущий инженер, e-mail: [dglazov@yandex.ru](mailto:dglazov@yandex.ru); Бурканов Владимир Николаевич, кандидат биологических наук, председатель СММ, ведущий научный сотрудник, e-mail: [vburkanov@gmail.com](mailto:vburkanov@gmail.com).

*Chernook Vladimir I., D.Geogr., project supervisor, RPO «Marine Mammal Council», Fonvizina Str., 2/14, apt. 20, Moscow, 127322, Russia, e-mail: [chernook@mail.ru](mailto:chernook@mail.ru); Trukhanova Irina S., Ph.D., project supervisor, ICPO «Biologists for Nature Conservation», 24 Line V.O., 3-7, off. 602-B, St. Petersburg, 199106, Russia, e-mail: [irina\\_trukhanova@yahoo.com](mailto:irina_trukhanova@yahoo.com); Vasiliev Alexander N., chief specialist, RPO «Marine Mammal Council», Fonvizina Str., 2/14, apt. 20, Moscow, 127322, Russia, e-mail: [vasilev9grf@gmail.com](mailto:vasilev9grf@gmail.com); Litovka Denis I., Ph.D., scientific advisor, Office of the Governor and Government of Chukotka Autonomous District, Bering Str., 20, Anadyr, 689000, Russia, e-mail: [d-litovka@yandex.ru](mailto:d-litovka@yandex.ru); Glazov Dmitry M., leading engineer, Institute of Ecology and Evolution, Russian Ac. Sci., Leninsky Prospect, 33, Moscow, 119071, Russia, e-mail: [dglazov@yandex.ru](mailto:dglazov@yandex.ru); Burkanov Vladimir N., Ph.D., chairman, RPO «Marine Mammal Council», Fonvizina Str., 2/14, apt.20, Moscow, 127322, Russia; leading researcher, Kamchatka branch of Pacific Institute of Geography, Russian Ac.Sci., Partizanskaya Str., 6, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia, e-mail: [vburkanov@gmail.com](mailto:vburkanov@gmail.com).*

С учетом коррекции полученных оценок численности тюленей на льду на коэффициент распуываемости животных шумом самолетных двигателей (30,2 % для нерпы и 5,9 % для лахтака), а также принимая во внимание, что до 32 % животных могли находиться в воде в период учета, в обследованном районе численность кольчатой нерпы составила 50 839 (CI 95 %: 25 400–73 859, CV = 23,8 %) особей, а лахтака 14 590 (CI 95 %: 6 404–24 560, CV = 31,1 %) особей. По целому ряду причин мы считаем данную оценку численности заниженной. Основной проблемой для учета кольчатой нерпы была несинхронность разрушения снежных логовиц в разных частях обследованного района, которая привела к вариабильной и сложной для расчета погрешности регистрации животных на льду с помощью используемой для съемки аппаратуры.

**Ключевые слова:** инструментальные авиационные учеты, ледовые формы тюленей, численность, распределение, акиба, кольчатая нерпа, лахтак, морской заяц, Чукотское море, Восточно-Сибирское море.

DOI: 10.26428/1606-9919-2019-199-152-162.

**Chernook V.I., Trukhanova I.S., Vasiliev A.N., Litovka D.I., Glazov D.M., Burkanov V.N.** First instrumental aerial survey of ringed seals (*Pusa hispida*) and bearded seals (*Erignathus barbatus*) in the Russian zone of the Chukchi and East-Siberian Seas in spring 2016 // Izv. TINRO. — 2019. — Vol. 199. — P. 152–162.

An instrumental aerial survey was conducted in the Russian part of the Chukchi Sea and the eastern East-Siberian Sea in the spring of 2016 to investigate new technical capabilities for estimating abundance and distribution of ringed and bearded seals on the spring ice. Density of both species decreased with distance to the mainland; the largest concentrations of ringed seals were detected in coastal waters, including the Koluchinskaya and Chaunskaya Bays. Taking into account the portion of seals in the water (on average 32 %) and the portion of seals that were disturbed by the aircraft engine noise and dove (on average 30.2 % of ringed seals and 5.9 % of bearded seals), the number of ringed seals in the surveyed area was estimated as 50,839 (CI 95 %: 25,400–73,859; CV = 23.8 %), and the number of bearded seals as 14,590 (CI 95 %: 6,404–24,560; CV = 31.1 %). These estimates are considered to be biased low, primarily due to asynchronic collapse of the ringed seal snow lairs in different parts of the surveyed area, which caused a highly variable detection probability of this species that was difficult to account for.

**Key words:** instrumental aerial survey, phocid seals, abundance, distribution, ringed seal, bearded seal, Chukchi Sea, East-Siberian Sea.

## Введение

В Чукотском и Восточно-Сибирском морях размножаются два пагофильных вида настоящих тюленей — морской заяц (лахтак) *Erignathus barbatus* (Erxleben, 1777) и кольчатая нерпа (акиба) *Pusa hispida* (Schreber, 1775). Пик сезона их размножения приходится на апрель — первую половину мая, при этом у лахтака щенка происходит на открытом льду, часто вдоль трещин и разводий [Тихомиров, 1966; Burns, 1981], а у кольчатой нерпы — в снежных логовищах [Hammill and Smith, 1991; Kelly et al., 2010]. В мае-июне животные обоих видов линяют на тающих льдах, образуя заметные скопления [Косыгин, 1966; Burns, 1981].

Современные данные о численности кольчатой нерпы и лахтака, размножающихся в Чукотском и Восточно-Сибирском морях, отсутствуют. В отчетах Магаданского отделения ТИНРО [Зимушко, 1970] сообщается о результатах аэровизуального учета в начале июня 1970 г., в ходе которого в прибрежных водах Чукотского моря (от мыса Дежнева до с. Ванкарем, включая Колючинскую губу) были учтены (с экстраполяцией) 12 601 кольчатая нерпа и 301 лахтак. Кэмерон с соавторами [Cameron et al., 2010], экстраполировав на российские воды Чукотского моря данные о плотности распределения лахтака вдоль побережья Аляски от Шишмарева до Уткиагвик (бывший Барроу), полученные в 1999 и 2000 гг., заключают, что общая численность лахтака в Чукотском море составляет около 27 000 особей. Численность кольчатой нерпы в российской части акватории Чукотского и Берингова морей была оценена в 135 000 особей [Федосеев, 2005].

Основная сложность при оценке численности нерпы — ее скрытость в снежных логовищах и крайне низкая обнаруживаемость на льду до таяния снега и разрушения крыш

логовищ. Однако когда снег в Чукотском море тает и нерпа оказывается на открытом льду, возникает другая проблема. Начинается миграция лахтака из Берингова моря в Чукотское, что искажает результаты оценки численности резидентных тюленей этого вида. В ходе работ 2016 г. было необходимо подобрать временной промежуток для проведения учета таким образом, чтобы максимально нивелировать оба источника погрешности.

Основной целью настоящей работы стала апробация подходов к инструментальной авиасъемке для оценки численности и распределения кольчатой нерпы и лахтака на льдах в российской части Чукотского и восточной части Восточно-Сибирского морей весной 2016 г.

## Материалы и методы

### *Авиационный учет*

Инструментальная авиационная съемка кольчатой нерпы и лахтака была проведена с 19 по 26 апреля и с 12 по 18 мая 2016 г. в российской части Чукотского моря и восточной части Восточно-Сибирского моря. Работы осуществляли по методике учета морских млекопитающих на линейных трансектах [напр., Черноок и др., 1999, 2014, 2018; Skalski et al., 2005]. Для съемки использовали самолет Ан-26 «Арктика», оснащенный ИК-сканером «Малахит-М» и тремя цифровыми фотокамерами Nikon D800 (36Мп; фокусное расстояние 50 мм), закрепленными в самолете в специальном отсеке, а также бортовой компьютерной системой записи данных. Полеты выполняли на высоте 244 (SD = 47,7) м с минимальной скоростью 280 км/ч с 10 до 18 час по местному времени (GMT+12). В ходе работ аппаратура регистрировала время, координаты, курс, высоту и скорость полета. ИК-сканер и фотокамеры работали синхронно, автоматически регистрируя тепловые пятна на льду. Идентификацию видов тюленей производили по цифровым фотоснимкам после полета [Черноок и др., 2014]. Коэффициент распугиваемости животных шумом самолетных двигателей определяли как долю тюленей, замеченных наблюдателями по ходу движения самолета и сошедших в воду до момента их регистрации аппаратурой. Для введения поправки на пропуск животных, находящихся в воде в момент пролета самолета, использовали литературные данные [Bengtson et al., 2005; Conn et al., 2014].

### *Оценка численности*

Обследуемая акватория была условно поделена на квадраты размером 25 x 25 км (рис. 1; прил. 1, табл. П1\*), которые использовались в качестве элементов выборки. Для каждого квадрата были определены площадь акватории (км<sup>2</sup>), кратчайшее расстояние до материка (км), средняя концентрация льда (%) [<http://dx.doi.org/10.7265/N5833PZ5>], глубина (м) [Jakobsson et al., 2012]. Для обследованных квадратов были вычислены общая длина трансект (км), площадь льда, покрытая учетными трансектами (км<sup>2</sup>), и количество тюленей (особей) в пределах учетной полосы по ИК-данным и по результатам фотоидентификации.

Угол обзора ИК-сканера составлял 88°. Согласно допущению, что вероятность регистрации тюленей сканером не зависит от положения животного относительно середины трансекты, эффективная ширина трансекты для каждого квадрата была рассчитана как  $2\text{tg}(44^\circ)H$ , где  $H$  — средняя высота полета в пределах квадрата в метрах.

Для получения оценок плотности распределения и численности тюленей каждого вида на покрытой льдом акватории учетного региона использовали отрицательные биномиальные обобщенные линейные модели [Zuur et al., 2009], которые применяли для экстраполяции учетных данных на необследованные квадраты:

$$N_i = \text{NB}(\mu_i, k),$$
$$\ln(\mu_i) = f(\ln(s_i)),$$

где NB — отрицательное биномиальное распределение с параметром подгонки  $k$ , среднее  $\mu_i$  моделирует ожидаемое число тюленей на квадратный километр в заданном квадрате

\* Приложение 1 размещено на странице статьи на сайте журнала (<http://izvestiya.tinro-center.ru>) как дополнительный файл.

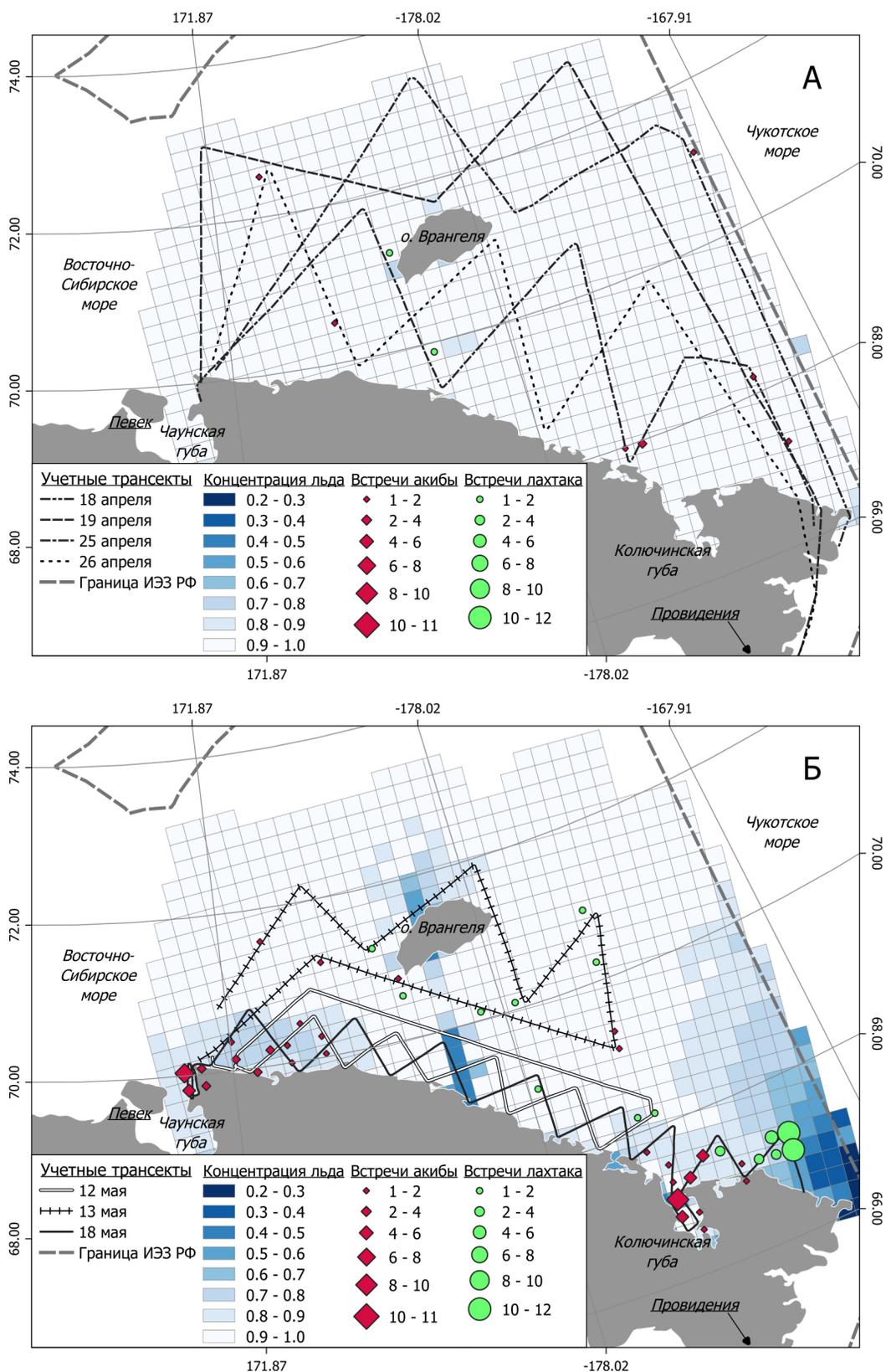


Рис. 1. Схема учетного региона в апреле (А) и мае (Б). Зелеными маркерами показаны встречи лахтака, красными – кольчатой нерпы. Приведена средняя концентрация льда в апреле и мае 2016 г.  
 Fig. 1. Scheme of the areas surveyed in April (А) and May (Б). Green markers — bearded seal sightings, red markers — ringed seal sightings. Monthly mean ice concentration is shown for April and May, 2016

как экспоненциальную функцию от  $\ln(s_i)$ , где  $s_i$  — площадь, покрытая трансектами в квадрате  $i$ . Доверительные интервалы были получены с использованием бутстреп-метода [Efron, 1979]. Анализ данных проведен в программной среде R 3.3.3 (R Core Team, 2017), включая пакет MASS [Venables and Ripley, 2002], картирование — в программе QGIS 3.2.3 Bonn (2018).

### Результаты и их обсуждение

Площадь учетного региона составила 408 289 км<sup>2</sup>. За 7 учетных дней было обследовано около 1 % всей покрытой льдом акватории (табл. 1). В апреле учетное усилие было направлено на обследование более удаленных от берега районов, трансекты располагались широко. В мае трансекты были сконцентрированы в зоне вскрытия льдов, ближе к материка. Общая длина учетного маршрута составила 12 761 км, из которых 1 157 км были исключены из анализа, поскольку погодные условия (туман) не позволили осуществить съемку. Диапазон глубин в районе работ составил от 1 до 70 м. Средняя концентрация льда в апреле достигала 99,7 %, в мае — 93,1 %.

Таблица 1  
Результаты авиасъемки в Чукотском и Восточно-Сибирском морях в 2016 г.  
Table 1  
Aerial survey results for the Chukchi Sea and eastern East-Siberian Sea in 2016

Дата	Длина трансект, км	Обследовано льда, км <sup>2</sup>	Доля от общей площади льда, %	Наблюдаемая плотность залегания кольчатой нерпы, особей/км <sup>2</sup>	Наблюдаемая плотность залегания лахтака, особей/км <sup>2</sup>
18.04	1594,544	745,572	0,002	0,002	0,000
19.04	1597,294	808,973	0,002	0,000	0,000
25.04	1631,305	782,163	0,002	0,007	0,004
26.04	1631,513	725,594	0,002	0,006	0,000
12.05	1587,504	634,270	0,002	0,022	0,014
13.05	1763,336	878,449	0,002	0,009	0,048
16.05	(1157,000*)	—	—	—	—
18.05	1798,754	839,158	0,002	0,091	0,100
<b>Всего</b>	<b>11 604,250</b>	<b>5 414,179</b>	<b>0,014</b>	<b>0,028</b>	<b>0,018</b>

\* Не вошли в анализ, пояснения в тексте.

Всего ИК-сканером на льду было зарегистрировано 318 тепловых пятен — тюленей, 148 из которых были определены до вида (прил. 1, табл. П1); из них 63,5 % составила кольчатая нерпа и 36,5 % — лахтак. Тюленей, сфотографированных в низком качестве, не позволяющем провести точную видовую идентификацию (103 особи), но встреченных в квадратах с идентифицированными особями, было решено отнести к тому из двух видов, который был встречен в заданном квадрате. Таким образом, общий объем выборки составил 251 особь. Средняя наблюдаемая плотность залегания кольчатой нерпы — в апреле 0,005 особи/км<sup>2</sup> (max — 1,440 особи/км<sup>2</sup>), в мае 0,059 особи/км<sup>2</sup> (max — 0,310 особи/км<sup>2</sup>), лахтака (апрель и май совместно) — 0,018 особи/км<sup>2</sup> (max — 2,490 особи/км<sup>2</sup>).

Наибольшее количество встреч тюленей было отмечено в последний день учетных работ, когда трансекты проходили вдоль побережья с захватом Колючинской и Чаунской губ. В обеих губах и в прилегающих акваториях были обнаружены максимальные по численности скопления кольчатой нерпы. Средняя наблюдаемая плотность нерпы в Колючинской губе составила 0,29 особи/км<sup>2</sup>.

С увеличением расстояния до материка плотность залегания обоих видов тюленей снижалась. Уменьшение концентрации льда и появление участков открытой воды оказывало положительный эффект на величину скоплений кольчатой нерпы. Ее наибольшая численность наблюдалась в квадратах, расположенных вдоль берега, где в первую очередь происходило вскрытие льдов. Для лахтака выраженной зависимости плотности залегания от типа льда и глубины отмечено не было (рис. 2). На обширной акватории

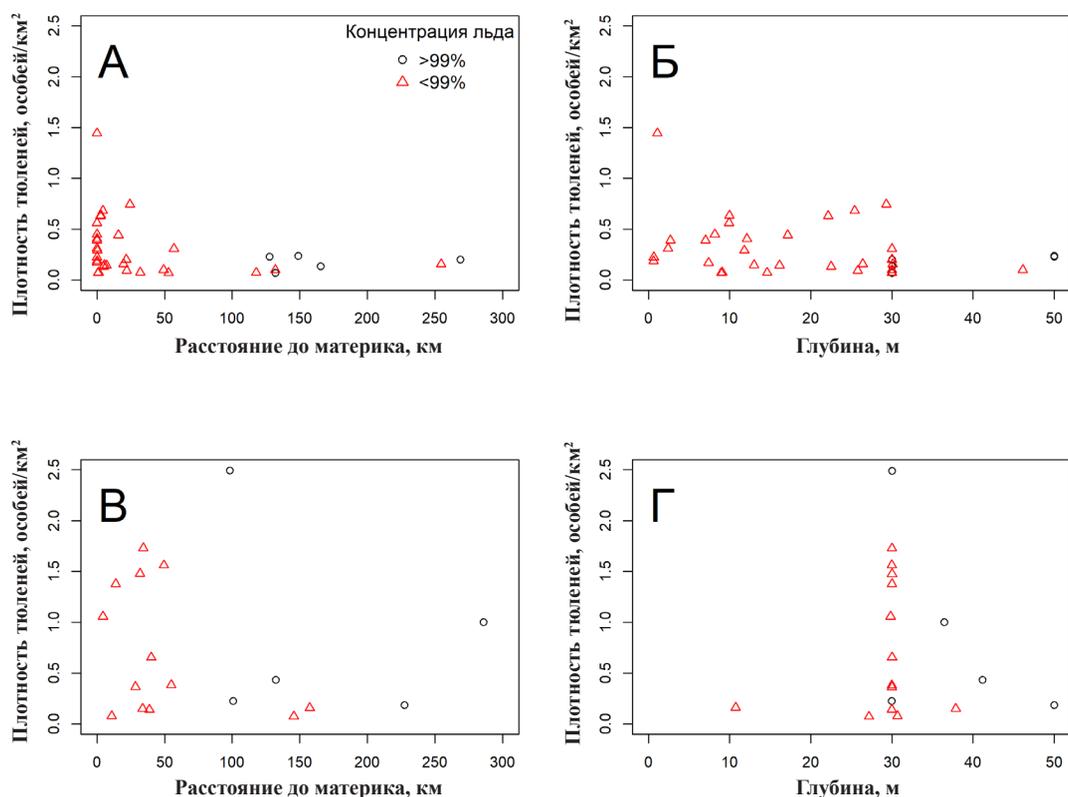


Рис. 2. Наблюдаемая плотность распределения тюленей в зависимости от расстояния до материка, глубины и типа ледового покрова (А, Б — кольчатая нерпа; В, Г — лахтак)

Fig. 2. The observed density of seals depending on the distance to the mainland, depth and type of ice cover for ringed seal (А, Б) and bearded seal (В, Г)

центральной части Чукотского моря, обследованной в апреле, встречи тюленей были единичными. Учитывая этот факт, а также то, что большая часть кольчатой нерпы в апреле находилась в снежных логовищах, для оценки ее численности использовались только данные майских полетов, которые экстраполировались на весь учетный регион.

Оценка численности тюленей в водах Чукотского и Восточно-Сибирского морей с учетом коррекции на животных, находившихся в воде во время учета (32 %) [Bengtson et al., 2005; Conn et al., 2014], а также на распугиваемость животных шумом самолетных двигателей (30,2 % для нерпы и 5,9 % для лахтака) составила 50 839 (CI 95 %: 25 400–73 859, CV = 23,8 %) особей кольчатой нерпы и 14 590 (CI 95 %: 6 404–24 560, CV = 31,1 %) особей лахтака (табл. 2).

Таблица 2  
Численность тюленей в Чукотском и Восточно-Сибирском морях в 2016 г., особи  
Table 2

Seal abundance in the Chukchi and eastern East-Siberian seas, 2016

Вид	Оценка численности тюленей на льду	Вероятность нахождения животного на льду	Оценка общей численности популяции (с коррекцией)
Акиба	24 130 (12 056–35 056)	(1–0,32) (1–0,302) = 0,475	50 839 (25 400–73 859)
Ляхтак	9 336 (4 098–15 715)	(1–0,32) (1–0,059) = 0,640	14 590 (6 404–24 560)

Авиаучетные работы, проведенные весной 2016 г. в Чукотском и Восточно-Сибирском морях, стали первым инструментальным исследованием, охватившим обширную акваторию восточной части российской Арктики и предоставившим верифицируемые

данные о встречах обитающих там настоящих тюленей в период их размножения и линьки. Транспортная труднодоступность региона, суровые погодные условия в период проведения учета, а также биологические особенности исследуемых видов накладывали ряд серьезных ограничений на методику сбора данных и качество получаемых материалов. Отрицательно на точности оценки численности тюленей сказалась и невысокая величина площади обследованных льдов (~1 %) в совокупности с низкой плотностью и крайней неравномерностью встреч животных по обследованному району. Ниже обсуждаются некоторые проблемы, связанные со спецификой инструментального сбора данных и их обработки, а также допущения, принятые в работе.

**Сроки учета.** Весной, после вскрытия льдов в районе Берингова пролива, в акваторию Чукотского моря отмечаются заходы лахтака из берингоморской популяции [Burns and Frost, 1979; Melnikov, 2017]. Поэтому даты авиационного учета старались определить таким образом, чтобы иметь возможность регистрировать кольчатых нерп на льду (т.е. после начала таяния снега и обрушения крыш логовищ), но при этом успеть провести работы до начала миграции лахтака и других видов ластоногих из Берингова моря. Однако на практике это сделать оказалось невозможным. Фактически до середины мая, т.е. до разрушения логовищ, регистрируемость кольчатой нерпы с помощью применяемой для съемки аппаратуры была крайне низкой. Нам пришлось отказаться от использования данных по встречам этого тюленя в апреле для расчета численности популяции, чтобы избежать некорректного смещения оценки в сторону занижения. Плотность залегания нерпы в апреле по данным регистрации встреч, полученным во время всех полетов, была исключительно низкой (15 встреч на 6,5 тыс. км маршрута) и, по нашему мнению, не отражала фактическую плотность и распределение этого вида в Чукотском и Восточно-Сибирском морях.

Ледовый покров в исследуемом районе был достаточно стабилен на протяжении всего сезона, о чем свидетельствуют высокие значения концентрации льда в большинстве квадратов. Активное разрушение льдов в южной части, а также в районе о. Врангеля началось в середине мая, поэтому регистрируемость акибы аппаратурой, установленной на самолете, заметно выросла. В последний день учета, 18 мая, к северу от мыса Дежнева была зарегистрирована относительно большая группа лахтак, которые теоретически могли принадлежать к берингоморской популяции. Тем не менее по данным многолетних наблюдений за перемещениями лахтака в районе Чукотского полуострова резкий рост численности и миграция тюленей этого вида вдоль северного побережья Чукотки начинается только в середине июня, когда концентрация льда снижается до 40 % [Melnikov, 2017]. Поэтому в рамках настоящей работы нами было сделано допущение, что все встреченные животные — резиденты.

Начало таяния снега в среднем по Чукотскому морю в 2016 г. пришлось на 18 мая, и мы полагаем, что значительное количество кольчатых нерп в период проведения учета еще находилось в непротаявших логовищах и было недоступно для регистрации аппаратурой, используемой для съемки. С этим связан определенный недоучет тюленей этого вида.

**Видовая идентификация.** В ходе многовидовых учетов неизбежно встает вопрос видовой идентификации, которая, хоть и производится специалистами, носит несколько субъективный характер. Погрешность идентификации видов по фотографиям была оценена в ходе работ по учету тюленей в Беринговом море [Труханова и др., 2016; Черноок и др., 2018] и составила 1,3 % вероятности ошибочно определить нерпу как лахтака и 3,6 % вероятности ошибочно определить лахтака как нерпу. В настоящей работе, учитывая малый объем выборки, а также пространственное разделение в распределении животных (два вида ни разу не были отмечены в пределах одного и того же квадрата в один и тот же учетный день), данная погрешность была принята за несущественную и не учитывалась в расчетах.

Следует отметить, что 21 % обнаруженных в ходе учета тюленей были исключены из анализа, поскольку не были идентифицированы никаким образом. Это стало одной из причин получения заниженных оценок численности.

**Тюлени в воде.** Учеты пагофильных тюленей, как правило, проводятся в период, когда максимальное количество животных находится на поверхности льда. Эти периоды приходятся на сезон размножения, выкармливания потомства и линьки. Для изучаемых нами видов ранее было показано, что до 32 % их популяции в этот период находится в воде [Bengtson et al., 2005; Conn et al., 2014] и недоступны для регистрации авиасъемочной аппаратурой. Однако эта оценка была сделана для акибы в восточной части Чукотского моря и море Бофорта в 1999–2000 гг., а для лахтака — в Беринговом море в 2004–2012 гг., что свидетельствует о возможных отличиях погодных условий и времени наступления линьки у тюленей от таковых в исследуемом районе в 2016 г. В связи с этим значения вероятности залегания тюленей на льду в период учета могли сильно различаться. Для повышения качества расчетов крайне важно иметь более точные, локальные телеметрические данные при установлении корректирующих коэффициентов для оценок численности популяции с учетом животных, находящихся в воде и под снегом, в заданном регионе и при соответствующих погодных условиях.

### **Заключение**

Авиационные учеты с использованием технических средств регистрации животных показали высокую надежность и эффективность при регистрации пагофильных тюленей на льдах арктических и субарктических морей. Тем не менее, как и у любого научного метода, существует ряд ошибок, которые приводят к искажениям получаемых оценок, в нашем случае в сторону занижения. К ним относятся ошибка в идентификации видов, невозможность идентификации всех зарегистрированных аппаратурой животных, распугивание тюленей шумом самолетных двигателей, а также недоступность для регистрации аппаратурой и наблюдателями значительной части популяции тюленей из-за нахождения их в логовищах под снегом и в воде во время пролета самолета. Именно этими причинами можно объяснить крайне неравномерное распределение зарегистрированных встреч животных по обследованному району как во времени, так и в пространстве. Для кольчатой нерпы Чукотского и Восточно-Сибирского морей, по мнению авторов, основное препятствие для оценки численности популяции — нахождение акибы в снежных логовищах с различающимся временем разрушения в разных частях обследованного района. Современная мировая практика при публикации научных результатов масштабных исследований требует от авторов публикации первичных материалов, которые мы представляем в Приложении. Надеемся, в будущем это позволит применить к полученным нами данным новые более комплексные статистические подходы для расчета зависимости числа тюленей на льдах от различных факторов. Привлечение новых и дополнительных телеметрических и других данных, а также использование материалов, собранных в американских водах Чукотского моря, вполне вероятно, поможет получить уточненные оценки численности ледовых форм тюленей в Чукотском и Восточно-Сибирском морях.

### **Благодарности**

Авторы выражают благодарность специалистам лаборатории по морским млекопитающим Аляскинского рыбохозяйственного центра NOAA докторам наук Джону Бенгтсону и Питеру Бовенгу за поддержку и координацию совместных работ. Благодарим Н.А. Черноок и В.В. Асютенко за большую кропотливую работу по камеральной обработке большого объема фото- и тепловых изображений авиасъемки, а Н.Г. Платонова (ИПЭЭ РАН) за обеспечение летней экспедиции детальными погодными прогнозами и оценкой ледовой обстановки.

### **Финансирование**

Исследования выполнены при финансовой поддержке Аляскинского рыбохозяйственного центра Национальной службы морского рыболовства NOAA. Обработка материалов экспедиции проведена при поддержке гранта North Pacific Research Board

### Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что конфликта интересов у них нет.

### Информация о вкладе авторов

В.И. Черноок руководил планированием и проведением исследования, полевыми работами, обработкой и анализом данных; И.С. Труханова осуществила анализ данных и написание первой версии статьи; А.Н. Васильев отвечал за технические аспекты исследования и обрабатывал данные; Д.И. Литовка и Д.М. Глазов участвовали в полевых работах и обрабатывали данные; В.Н. Бурканов участвовал в планировании и координации исследований. Все авторы принимали участие в обсуждении результатов, внесении правок и доработке текста статьи.

### Список литературы

- Зимушко В.В.** Аэровизуальный учет тюленей в прибрежной зоне Чукотского моря в июне 1970 : отчет о НИР / МоТИНРО. № 2194. — Магадан, 1970. — 13 с.
- Косыгин Г.М.** Распределение и некоторые черты биологии ластоногих Берингова моря (весенне-летний период 1963 г.) // Изв. ТИНРО. — 1966. — Т. 58. — С. 117–124.
- Тихомиров Э.А.** О размножении тюленей семейства Phocidae северной части Тихого океана // Зоол. журн. — 1966. — Т. 45, вып. 2. — С. 275–281.
- Труханова И.С., Грачев А.И., Черноок В.И. и др.** Оценка погрешности идентификации ледовых форм тюленей при выполнении многовидовых авиаучетов тюленей // Морские млекопитающие Голарктики : тез. докл. 9-й междунар. конф. — Астрахань, 2016. — С. 85.
- Федосеев Г.А.** Популяционная биология ледовых форм тюленей и их роль в экосистемах Северной Пацифики : моногр. — Магадан : МагаданНИРО, 2005. — 179 с.
- Черноок В.И., Грачев А.И., Васильев А.Н. и др.** Результаты инструментального авиаучета ледовых форм тюленей на льдах Охотского моря в мае 2013 г. // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 179. — С. 158–176.
- Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Яковенко М.Я.** Мультиспектральная авиасъемка залежек тюленей : моногр. — Мурманск : ПИНРО, 1999. — 73 с.
- Черноок В.И., Труханова И.С., Васильев А.Н. и др.** Численность и распределение настоящих тюленей на льдах в западной части Берингова моря весной 2012–2013 гг. // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 192. — С. 74–88. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-192-74-88.
- Bengtson J.L., Hiruki-Raring L.M., Simpkins M.A., Boveng P.L.** Ringed and bearded seal densities in the eastern Chukchi Sea, 1999–2000 // Polar Biol. — 2005. — Vol. 28, Iss. 11. — P. 833–845. DOI: 10.1007/s00300-005-0009-1.
- Burns J.J.** Bearded seal *Erignathus barbatus* Erxleben, 1777 // Handbook of Marine Mammals. Vol. 2: Seals / eds S.H. Ridgway and R.J. Harrison. — N.Y. : Academic Press, 1981. — P. 145–170.
- Burns J.J. and Frost K.J.** The natural history and ecology of the bearded seal, *Erignathus barbatus*. — Alaska Department of Fish and Game, 1979. — 77 p.
- Cameron M.F., Bengtson J.L., Boveng P.L. et al.** Status review of the bearded seal (*Erignathus barbatus*) : U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-211. — Springfield, 2010. — 246 p.
- Conn P.B., Ver Hoef J.M., McClintock B.T. et al.** Estimating multispecies abundance using automated detection systems: ice-associated seals in the Bering Sea // Methods Ecol. Evol. — 2014. — Vol. 5, Iss. 12. — P. 1280–1293. DOI: 10.1111/2041-210X.12127.
- Efron B.** Bootstrap methods: Another look at the jackknife // The Annals of Statistics. — 1979. — Vol. 7, № 1. — P. 1–26. DOI: 10.1214/aos/1176344552.
- Hammill M.O. and Smith T.G.** The role of predation in the ecology of the ringed seal in Barrow Strait, Northwest Territories, Canada // Mar. Mamm. Sci. — 1991. — Vol. 7, Iss. 2. — P. 123–135. DOI: 10.1111/j.1748-7692.1991.tb00559.x.
- Jakobsson M., Mayer L., Coakley B. et al.** The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0 // Geophys. Res. Lett. — 2012. — Vol. 39, № 12. — P. L12609. DOI: 10.1029/2012GL052219.

- Kelly B.P., Bengtson J.L., Boveng P.L. et al.** Status review of the ringed seal (*Phoca hispida*) : U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-212. — Springfield, 2010. — 250 p.
- Melnikov V.V.** Seasonal Movements and Relative Abundance of Bearded Seals (*Erignathus barbatus*) in the Coastal Waters of the Chukotka Peninsula // Arctic. — 2017. — Vol. 70, № 4. — P. 403–413. DOI: 10.14430/arctic4682.
- Skalski J.R., Ryding K.E., Millspaugh J.J.** Wildlife demography: analysis of sex, age, and count data. — Boston : Elsevier Academic Press, 2005. — 636 p.
- Venables W.N. and Ripley B.D.** Modern Applied Statistics with S. — N.Y. : Springer, 2002. — 495 p.
- Zuur A.F., Ieno E.N., Walker N. et al.** Mixed effects models and extensions in ecology with R. — N.Y. : Springer Verlag, 2009. — 574 p.

## References

- Zimushko, V.V.**, *Otchet Nauchno-Issled. Rab. "Aerovizual'nyy uchet tyuleney v pribrezhnoy zone Chukotskogo morya v iyune 1970"* (Res. Rep. "Aerial visual census of seals in the coastal zone of the Chukchi Sea in June 1970"), Available from MoTINRO, 1970, Magadan, no. 2194.
- Kosygin, G.M.**, Distribution and biology of seals in the Bering Sea (spring and summer 1963), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1966, vol. 58, pp. 117–124.
- Tikhomirov, E.A.**, On the breeding of seals of the Phocidae family of the northern part of the Pacific Ocean, *Zool. Zh.*, 1966, vol. 45, no. 2, pp. 275–281.
- Trukhanova, I.S., Grachev, A.I., Chernook, V.I.**, Litovka, D.I., and Vasiliev, A.N., Error estimation for ice-associated seal identification for multi-species aerial surveys, in *Tezisy dokl. 8 mezhdunar. konf. "Morskiye mlekopitayushchiye Golarktiki"* (Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conf. "Marine Mammals of the Holarctic"), Astrakhan, 2016, pp. 85.
- Fedoseev, G.A.**, *Populyatsionnaya biologiya ledovykh form tyuleney i ikh rol' v ekosistemakh Severnoy Patsifiki* (Population Biology of Ice-Associated Forms of Seals and Their Role in the Northern Pacific Ecosystems), Magadan: MagadanNIRO, 2005.
- Chernook, V.I., Grachev, A.I., Vasiliev, A.N., Trukhanova, I.S., Burkanov, V.N., and Solovyev, B.A.**, Results of instrumental aerial survey of ice-associated seals on the ice in the Okhotsk Sea in May 2013, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014, vol. 179, pp. 158–176.
- Chernook, V.I., Kuznetsov, N.V., and Yakovenko, M.Ya.**, Mul'tispektral'naya avias'yemka zalezhek tyuleney (Multispectral aerial photography of seal pools), Murmansk: PINRO, 1999.
- Chernook, V.I., Trukhanova, I.S., Vasiliev, A.N., Grachev, A.I., Litovka, D.I., Burkanov, V.N., and Zagrebely, S.V.**, Abundance and distribution of phocid seals on ice in the western Bering Sea in spring, 2012–2013, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 192, pp. 74–88. doi 10.26428/1606-9919-2018-192-74-88
- Bengtson, J.L., Hiruki-Raring, L.M., Simpkins, M.A., and Boveng, P.L.**, Ringed and bearded seal densities in the eastern Chukchi Sea, 1999–2000, *Polar Biol.*, 2005, vol. 28, no. 11, pp. 833–845. doi 10.1007/s00300-005-0009-1
- Burns, J.J.**, Bearded seal *Erignathus barbatus* Erxleben, 1777, *Handbook of Marine Mammals. Vol. 2: Seals*, Ridgway, S.H. and Harrison, R.J., eds., New York: Academic Press, 1981, pp. 145–170.
- Burns, J.J. and Frost, K.J.**, The natural history and ecology of the bearded seal, *Erignathus barbatus*, *Alaska Department of Fish and Game*, 1979.
- Cameron, M.F., Bengtson, J.L., Boveng, P.L., Jansen, J.K., Kelly, B.P., Dahle, S.P., Logerwell, E.A., Overland, J.E., Sabine, C.L., Waring, G.T., and Wilder, J.M.**, Status review of the bearded seal (*Erignathus barbatus*), *U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-211*, Springfield, 2010.
- Conn, P.B., Ver Hoef, J.M., McClintock, B.T., Moreland, E.E., London, J.M., Cameron, M.F., Dahle, S.P., and Boveng, P.L.**, Estimating multispecies abundance using automated detection systems: ice-associated seals in the Bering Sea, *Methods Ecol. Evol.*, 2014, vol. 5, no. 12, pp. 1280–1293. doi 10.1111/2041-210X.12127
- Efron, B.**, Bootstrap methods: Another look at the jackknife, *The Annals of Statistics*, 1979, vol. 7, no. 1, pp. 1–26. doi 10.1214/aos/1176344552
- Hammill, M.O. and Smith, T.G.**, The role of predation in the ecology of the ringed seal in Barrow Strait, Northwest Territories, Canada, *Mar. Mamm. Sci.*, 1991, vol. 7, no. 2, pp. 123–135. doi 10.1111/j.1748-7692.1991.tb00559.x
- Jakobsson, M., Mayer, L., Coakley, B., Dowdeswell, J.A., Forbes, S., Fridman, B., Hodnesdal, H., Noormets, R., Pedersen, R., Rebesco, M., Schenke, H.W., Zarayskaya Yu., Accettella,**

**D., Armstrong, A., Anderson, R.M., Bienhoff, P., Camerlenghi, A., Church, I., Edwards, M., Gardner, J.V., Hall, J.K., Hell, B., Hestvik, O., Kristoffersen, Y., Marcussen, C., Mohammad, R., Mosher, D., Nghiem, S.V., Pedrosa, M.T., Travaglini, P.G., and Weatheral P.**, The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0, *Geophys. Res. Lett.*, 2012, vol. 39, no. 12, p. L12609. doi 10.1029/2012GL052219

**Kelly, B.P., Bengtson, J.L., Boveng, P.L., Cameron, M.F., Dahle, S.P., Jansen, J.K., Logerwell, E.A., Overland, J.E., Sabine, C.L., Waring, G.T., and Wilder, J.M.**, Status review of the ringed seal (*Phoca hispida*), *U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-212*, Springfield, 2010.

**Melnikov, V.V.**, Seasonal Movements and Relative Abundance of Bearded Seals (*Erignathus barbatus*) in the Coastal Waters of the Chukotka Peninsula, *Arctic*, 2017, vol. 70, no. 4, pp. 403–413. doi 10.14430/arctic4682

**Skalski, J.R., Ryding, K.E., and Millspaugh, J.J.**, *Wildlife demography: analysis of sex, age, and count data*, Boston: Elsevier Academic Press, 2005.

**Venables, W.N. and Ripley, B.D.**, *Modern Applied Statistics with S*, New York: Springer, 2002.

**Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A., and Smith, G.M.**, *Mixed effects models and extensions in ecology with R*, New York: Springer Verlag, 2009.

*Поступила в редакцию 2.10.2019 г.*

*После доработки 21.10.2019 г.*

*Принята к публикации 29.10.2019 г.*