



УДК 599.745.31

Промысловые виды и их биология

Оценка воспроизводства беломорской популяции гренландского тюленя в 2023 и 2024 гг.

Л.К. Сидоров¹, В.А. Бизиков¹, В.Б. Забавников², С.А. Егоров²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038

E-mail: sidorov@vniro.ru

SPIN-код: Сидоров Л.К. – 4497-6033; Бизиков В.А. – 3272-0808; Забавников В.Б. – 2274-8968; Егоров С.А. – 6181-6721

Цель работы: оценка воспроизводства гренландского тюленя беломорской популяции на льдах Белого моря в период весеннего размножения в 2023 и 2024 гг.

Методы: авиаучёт гренландского тюленя в Белом море с применением беспилотных воздушных судов самолётного типа для оценки численности приплода. Применена методика мультиспектрального авиаучёта, которая заключается в съёмке залёжек тюленей синхронно в инфракрасной и видимой областях спектров. Обработка данных и расчёт численности осуществлялась по фотографиям видимого и ИК-диапазонах с помощью предварительно обученной нейросети в программе Python с использованием модуля Yolo v4. Оценка численности приплода гренландского тюленя на обследованной акватории проводилась по методу раздельной экстраполяции. Общая численность гренландского тюленя оценивалась посредством когортного анализа с учётом естественной смертности разных поколений.

Новизна – полномасштабная мультиспектральная съёмка в Белом море с применением одновременно нескольких БВС. Автоматическая обработка большого объёма цифровых фотоснимков в оптическом и инфракрасном диапазонах с применением технологии компьютерного зрения для поиска и распознавания животных на снимках.

Результат: общая численность гренландского тюленя в 2024 г. составила 1 548 840 экз., в том числе 141 692±8 696 щенков. Оценка пополнения 2023 г. была ниже и оценена на уровне 124 645 + 20774 щенков. Распределение и уровень смертности щенков гренландского тюленя на дрейфующих льдах Белого моря в марте – апреле определяются ледовой обстановкой, сформировавшейся под воздействием ветров и течений. Межгодовые колебания численности пополнения гренландского тюленя обусловлены численностью половозрелых самок, участвующих в размножении.

Практическая значимость: полученные данные будут использованы для оценки численности беломорской популяции гренландского тюленя и разработки рекомендаций по её сохранению и рациональному использованию.

Ключевые слова: гренландский тюлень, Белое море, авиаучёт, пополнение, популяция, численность, нейросеть.

Assessment pup production in the harp seal population of the White Sea in 2023 and 2024

Lev K. Sidorov¹, Vyacheslav A. Bizikov¹, Vladimir B. Zabavnikov², Sergey A. Egorov²

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

² Polar branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, 183038, Russia

The aim of the research to assess the pup production in the harp seal population in the White Sea in 2023 and 2024.

Methods. An aerial survey of marine mammals to assess the abundance of pups and adults of the White Sea harp seal population using unmanned aerial vehicles/drones (UAVs) was conducted over the areas of drifting ice in the White Sea. A multispectral technique was applied which consisted in simultaneous photographing of the sea surface done with a high-resolution photo-camera and an infrared (IR) camera. Aerial survey data (synchronized pairs of photo- and IR-images) were processed using the «Python» neural network with the «Yolo v4» module. An assessment of harp seal pup production was carried out using the method of discrete extrapolation. The harp seal population was calculated using cohort analysis taken into account of mortality by years.

Novelty. Full-scale multispectral aerial survey using several UAVs simultaneously. Automatic processing of huge amounts of digital photographs in optical and infrared ranges using computer vision technologies to find and recognize animals in photographs.

Result. The 2024 data provided a total number of the White Sea harp seal population of 141692 + 8696 newborn pups and a total harp seal population estimate of 1548840 individuals. The 2023 assessment pup production was lower and was estimated at 124645 + 20774 individuals. The distribution of harp seal pups on the drifting ice of the White Sea in the winter-spring period is determined mainly by the ice conditions and wind conditions. Interannual fluctuations in the number of harp seal pups are determined by the number of mature females participating in reproduction.

Practical significance: the data obtained will be used to assess the size of the White Sea population of harp seals and to develop recommendations for its conservation and rational use.

Keywords: Harp seal *Pagophilus groenlandicus*, White Sea, aerial survey, pup production, population, number, neural network.

ВВЕДЕНИЕ

Гренландский тюлень *Pagophilus groenlandicus* (Erxleben, 1777) беломорской популяции (далее рассматриваются только представители этой популяции) – важная компонента экосистемы Баренцева и Белого морей. До недавнего времени этот вид был важным объектом зверобойного промысла, осуществлявшегося Норвегией и Россией [Дорофеев, 1951; Репневский, 1999; Гренландский тюлень..., 2001; Лукин, Огнетов, 2011]. В экосистемах Белого и Баренцева морей гренландский тюлень является хищником высшего трофического уровня, конкурирующим за кормовые ресурсы (рыбу и беспозвоночных) с другими пагофильными тюленями – кольчатой нерпой, морским зайцем и серым тюленем и оказывающим значительное влияние на запасы промысловых рыб [Светочев, Светочева, 2018; Коржев и др., 2019]. Знания о современной численности гренландского тюленя необходимы для понимания его роли в экосистеме Белого и Баренцева морей в условиях происходящих климатических изменений и растущего антропогенного воздействия.

Для расчёта общей численности гренландского тюленя применяют популяционные модели, ключевым параметром которых является оценка воспроизводства. В период 1963-1991 гг. ежегодное пополнение гренландского тюленя оценивалось посредством аэрофотосъёмки половозрелых самок на льду в период щенки [Potelov et al., 2003].

Поскольку часть щенных самок в момент учёта находится в воде, а усилия по проведению сплошной съёмки стали велики [Попов, 1971 а], то с середины 1990-х гг. в Белом море стала применяться трансектная съёмка для учёта щенков. Съёмку проводили с самолётов различного типа и вертолета Ми-8. Фотографии залёжек делали на черно-белую плёнку, а также видео-ИК-УФ-диапазонах [Светочев, Светочева, 2018].

В 1998 г. в Белом море была выполнена полномасштабная мультиспектральная авиасъёмка щенных залёжек с борта самолёта-лаборатории АН-26 «Арктика» [Черноок и др., 1999; 2000]. До 2013 г. «ПИНРО» им. Н.М. Книповича провёл десять мультиспектральных авиаучётов численности гренландских тюленей (взрослых особей и приплода) на акватории Белого моря [Коржев, Забавников, 2017]. По результатам этих работ, численность щенков в первые годы (с 1998 по 2003 гг.) оценивалась на уровне 286-330 тыс. Начиная с 2004 г. оценки численности щенков стали снижаться: до 234 тыс. в 2004 г., и до 122-123 тыс. в 2005-2008 гг. Последующие две съёмки в 2009 г. и в 2010 г.

показали небольшое увеличение численности щенков (до 157-163 тыс.), однако съёмка, проведённая в 2013 г., снова зафиксировала уменьшение численности щенков до 129 тыс. [Шафилов, 2015].

В последние годы быстрое развитие беспилотных воздушных судов самолётного типа (БВС) включило в повестку дня вопрос о возможности их применения для авиаучётов морских млекопитающих и, в частности, гренландского тюленя. Возможность БВС охватывать за один полёт расстояния более 1000 км дало возможность проводить авиаучёты на больших площадях. Кроме того, низкий уровень шума БВС по сравнению с пилотируемым самолётом делает его незаметным для тюленей, исключает беспокойство, тревожность зверя, а значит, повышает точность исследования. Проведённые авиаучётные работы ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» на Ладожском озере, Байкале, Северном Каспии с применением новых методов и технических средств [Бизиков и др., 2019; 2022 а, б; Сидоров и др., 2023] показали успешность этого метода и позволили провести полномасштабные мультиспектральные авиаисследования щенных залёжек гренландского тюленя на льдах Белого моря.

Целью работы является представление результатов по оценке воспроизводства гренландского тюленя на льдах Белого моря в весенние периоды 2023 и 2024 гг. с использованием современных инструментальных технических средств и методов авиасъёмки в инфракрасном и оптическом диапазонах длин электромагнитных волн, выполняемых с борта БВС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа материалов исследований нами было использовано районирование акватории Белого моря [Гидрометеорология ..., 1991]. В ходе авиаучётов 2023 и 2024 гг. гренландские тюлени были встречены в следующих районах: Воронка, Мезенский залив, Горло и Бассейн (рис. 1).

Гренландские тюлени ежегодно приходят в Белое море для воспроизводства и линьки, выбирая для залёжек наиболее толстые дрейфующие льды [Дорофеев, 1939; Лукин, Васильев, 2004; Светочев, Светочева, 2018]. Ледовая обстановка в Белом море существенно различается год от года, в зависимости от характера зимы [Баклагин, 2018]. Максимальное развитие ледового покрова приходится на февраль-март и может занимать от 30% (в мягкие зимы) до 80% (в суровые зимы) от всей акватории Белого моря (рис. 2). Зимы 2023 и 2024 гг. были мягкими.

Поскольку ледовая обстановка играет ключевую роль в распределении щенных залёжек гренландских тюленей, при планировании маршрутов съёмки



Рис. 1. Гидрографические границы и районирование Белого моря [по Добровольскому, 1982]

Fig. 1. Hydrographic boundaries and parts of the White Sea [according to Dobrovolsky, 1982]

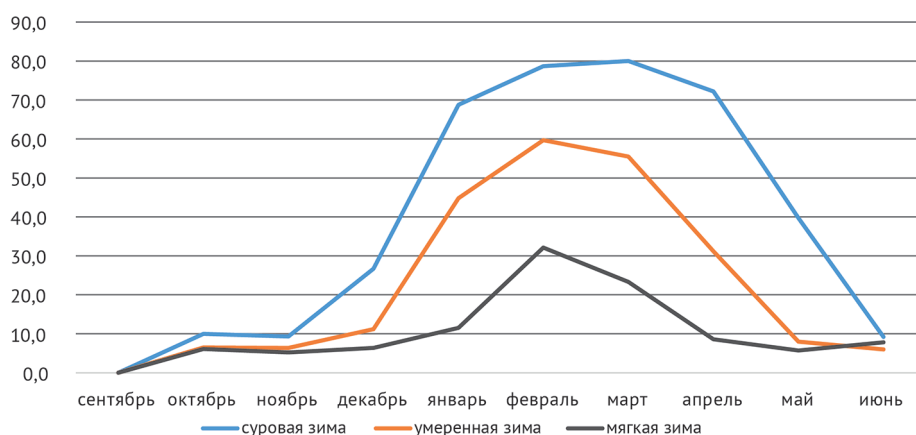


Рис. 2. Сезонные изменения площади ледового покрова Белого моря (в % от площади всей акватории), в зависимости от характера зимы¹

Fig. 2. Seasonal changes in the area of ice cover of the White Sea (in % of the area of the entire water area), depending on the nature of winter¹

учитывались как многолетние данные о местоположении залёжек тюленей, так и оперативная ин-

формация о ледовой обстановке. Для этого с конца февраля ежедневно анализировалась информация об ледовых условиях в Белом море по данным спутников.² Щенные залёжки в основном образуются на

1 Романюкина С.А. 2023. MS. Выпускная квалификационная работа на тему «Исследование площади льда Белого моря в зависимости от суровости зим». Санкт-Петербург: РГГМУ

² <https://worldview.earthdata.nasa.gov>

массивах дрейфующего льда в Горле и Бассейне Белого моря, где много разводьев и трещин в ледяном покрове; небольшая часть тюленей размножается на юге Воронки моря и у границы Мезенского залива [Назаренко, 1984; Лукин, 2013]. На основе оперативных данных в период исследований маршруты полётов БВС выбирались таким образом, чтобы трансекты авиасъёмки проходили надо льдами, пригодными для формирования залёжек гренландского тюленя.

При планировании исследования учитывалось, что оптимальным периодом проведения авиаучёта гренландского тюленя является период с 5 по 25 марта, так как в это время большинство самок уже родили щенков, но они ещё находятся на стадиях «белёк» и «хохлуша» и не способны находиться в воде [Лукин, Васильев, 2004; Светочев, Светочева, 2009].

Авиаучёты в 2023 и 2024 гг. выполнялись с использованием БВС двух типов – «ДИАМ-20» и «АИСТ» – методом облёта акватории трансектами, расположенными параллельно друг другу в направлении с севера на юг, на расстоянии от 2 до 5 км друг от друга. Полёты по намеченным маршрутам выполняли на высоте от 200 до 250 м в светлое время суток в дни с температурой окружающего воздуха не ниже минус 15 °С при маловетреной погоде (скорость ветра до 10 м/с) и хорошей прямой видимости (отсутствие тумана, существенных осадков и облачности ниже высоты полёта БВС). Поскольку авиасъёмка должна была в сжатые сроки охватить акваторию протяжённостью свыше 500 км и площадью свыше 58 тыс. км², она выполнялась двумя пилотными группами: первая группа в оба года исследований базировалась на Терском берегу Мурманской области в пос. Умба, а вторая группа располагалась на Архангельском побережье, в 2023 г. – в городе Мезень, а в 2024 г. – в селе Ручьи.

Все параметры каждого полёта (координаты, курс, высота, скорость, крен, тангаж) с фиксацией по времени автоматически сохранялись в бортовой ЭВМ БВС для дальнейшей привязки фотоматериалов. Координаты точек полёта автоматически регистрировались в формате «градусы с десятичной дробной частью», с точностью до пятого знака после запятой, например: 65,74301° с. ш.; 36,78741° в. д.

Основная задача авиасъёмочных работ в период щенки заключается в одновременном определении количества щенков и половозрелых животных. Для реализации поставленной задачи была применена методика мультиспектрального авиаучёта, которая заключалась в синхронной съёмке акватории в инфракрасной (ИК) и видимой областях электромагнитного спектра. Фотоснимки видимого диапазона позволяют идентифицировать объекты авиасъёмки и докумен-

тально подтверждают достоверность распознавания на ИК-изображениях теплокровных морских млекопитающих на льдах [Черноок и др., 1999; Бизиков и др., 2021 а, б; Сидоров и др., 2023]. Для этого фотокамера видимого диапазона и тепловизионная камера были установлены совместно, соосно, в надиру на борту каждого БВС. Затворы вышеуказанной аппаратуры синхронизировали по времени их срабатывания, обеспечивая совпадение центров снимков в видимой и инфракрасной частях спектра, координаты которых соответствовали координатам точек полёта БВС.

Тепловизионная (ИК) съёмка с БВС производилась с помощью тепловизионного модуля UTM-XD (диапазон фиксируемого излучения от 700 до 900 нм; разрешение 1280 × 1024 пикселей; тепловая чувствительность <35 мК, рабочая температура –40 °С ~ +60 °С, фокусное расстояние объектива 25 мм в 2023 г. и 9 мм в 2024 г.).

Фотосъёмка с БВС выполнялась с помощью цифровых фотокамер: в 2023 г. – Canon EOS 5 DSR (матрица 50 Мп, полнокадровая (36 × 24 мм), максимальное разрешение 8688 × 5792, фокусное расстояние объектива 85 мм); в 2024 г. – Sony a7RM4 (матрица 61 Мп, полнокадровая (36 × 24 мм), максимальное разрешение 9504 × 6336, фокусное расстояние объектива 50 мм).

Полоса захвата ИК-съёмки превосходила съёмку в видимом диапазоне от 10 до 20%, поэтому подсчёт особей проводили по площади, перекрываемой фотографиями видимого диапазона. Ширину (W) охвата трансект на поверхности моря рассчитывали отдельно для каждого типа оборудования, исходя из высоты полёта и фокусного расстояния объектива, по следующей формуле:

$$W = \frac{f \times H}{b}, \quad (1)$$

где: f – фокусное расстояние объектива (мм), b – ширина матрицы фотоаппарата (мм), H – высота полёта (м).

Съёмка проводилась непрерывно на протяжении всех учётных трансект, пронумерованных с запада на восток.

Обработка материалов 2023 г. проведена по следующему алгоритму. Сначала поиск тюленей проводился на ИК-изображениях. При нахождении «тёплой» точки специалист диагностировал (подтверждал) животных на синхронизированных фотографиях в видимом изображении (рис. 3).

Обработка материалов съёмки (синхронизированных пар видимых и ИК-изображений) проводилась двумя специалистами: первый осуществлял по-

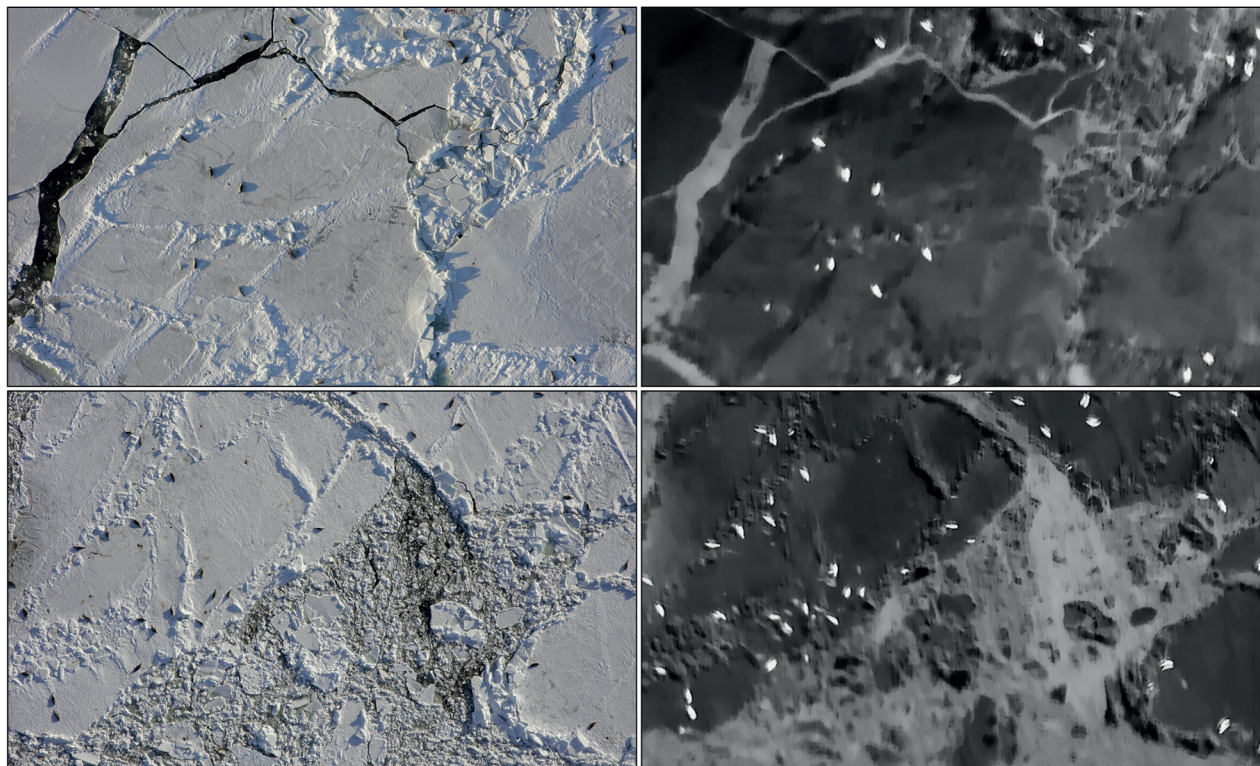


Рис. 3. Две пары (вверху и внизу) синхронизированных фотографий в видимом диапазоне (слева) и ИК-диапазоне (справа)
Fig. 3. Two pairs (top and bottom) of synchronized photos in the visible range (left) and infrared (right)

иск щенков и половозрелых особей; второй, с учётом результатов первого, – корректировочный поиск для выявления незамеченных животных.

Следующий этап работ – это поиск животных на фотоматериалах авиаучётов с использованием технологии компьютерного зрения. Первоначально для этой цели из обработанного массива фотографий 2023 г. сформировали библиотеку образов (dataset) для щенков и для половозрелых особей гренландских тюленей. На основании этой библиотеки была создана модель автоматического поиска и распознавания тюленей на изображениях [Сидоров, 2025]. Обработка большого количества фотоматериалов с применением технологии компьютерного зрения превосходила ручную обработку по таким параметрам как время, затраченное на дешифровку, и точность распознавания объектов. В связи с этим, материалы авиаучёта 2024 г. были полностью обработаны в автоматическом режиме. В результате машинной обработки по каждому обнаруженному животному был составлен набор данных, включающий сведения о его расположении (географические координаты), класс объекта (половозрелая особь, щенок), имена файлов в видимом и ИК-диапазонах, на которых обнаружена данная особь, и т. п. Все эти данные были оформлены в виде электронных таблиц. Информа-

ция внесена в базу данных авиационных учётов ЦИ ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», где она доступна для повторного анализа и исследований.

На заключительном этапе обработки материалов авиаучёта 2024 г. результаты машинной обработки фото- и ИК-изображений были выборочно перепроверены вручную тремя экспертами, работавшими независимо друг от друга. Случаи расхождения в оценках анализировались всеми тремя экспертами для выяснения причин и выработки консенсусной оценки. В спорных моментах принимались минимальные значения количества идентифицированных особей [Бизиков и др., 2022 а]. На этом этапе были исключены повторные учёты отдельных особей на перекрывающихся участках смежных фотографий (из-за перекрытия зон фотофиксации).

Нанесение на карту маршрутов учётных авиасъёмок, результатов обработки, изображений спутниковых ледовых карт и построения карт распределения тюленей выполнено в программной среде ГИС-приложений «QGIS 3.22».³

Оценку численности тюленей на обследованных дрейфующих льдах проводили по методу отдельной экстраполяции [Челинцев, 2004]. Этот способ яв-

³ <https://www.qgis.org>

ляется универсальным, так как может работать и в тех случаях, когда длины трансект и интервалы между ними варьируют в пределах одной съёмки. Статистическая ошибка в данном методе определяется дисперсией количества (плотности распределения) животных лишь на соседних трансектах, а не на всей их совокупности. Благодаря этому, отклонение фактического положения трансект от плана съёмки при использовании этого метода не приводит к существенному смещению оценки статистической ошибки. Ранее этот метод был успешно апробирован в ходе авиаучётов популяций каспийского тюленя [Сидоров и др., 2023] и байкальской нерпы [Бизиков и др., 2022 б]. Оценку статистического смещения и стандартной ошибки (дисперсию) выполняли с использованием метода ресэмплинга (линейное приближение статистического бутстрэпа) Jackknife [Шитиков, 2012]. Для каждого элемента вычисляется среднее значение выборки без учёта данного элемента, а затем – среднее всех таких значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полномасштабные авиаучёты половозрелых особей гренландских тюленей и их приплода с использованием современных инструментальных методов авиасъёмки в инфракрасном и оптическом диапазонах и одновременной работой нескольких БВС в 2023 и 2024 гг. выполнены впервые с 2013 г. Обследованы все дрейфующие льды, пригодные для ценных залёжек тюленей.

Авиаучёт 2023. В 2023 г. образование пригодного для ценных залёжек тюленей ледового покрова в Белом море началось 4 марта, и к 11 марта вся акватория моря была покрыта льдом (рис. 4). Однако, 17 марта очередной атлантический циклон принёс оттепель, вызвавшую частичное разру-

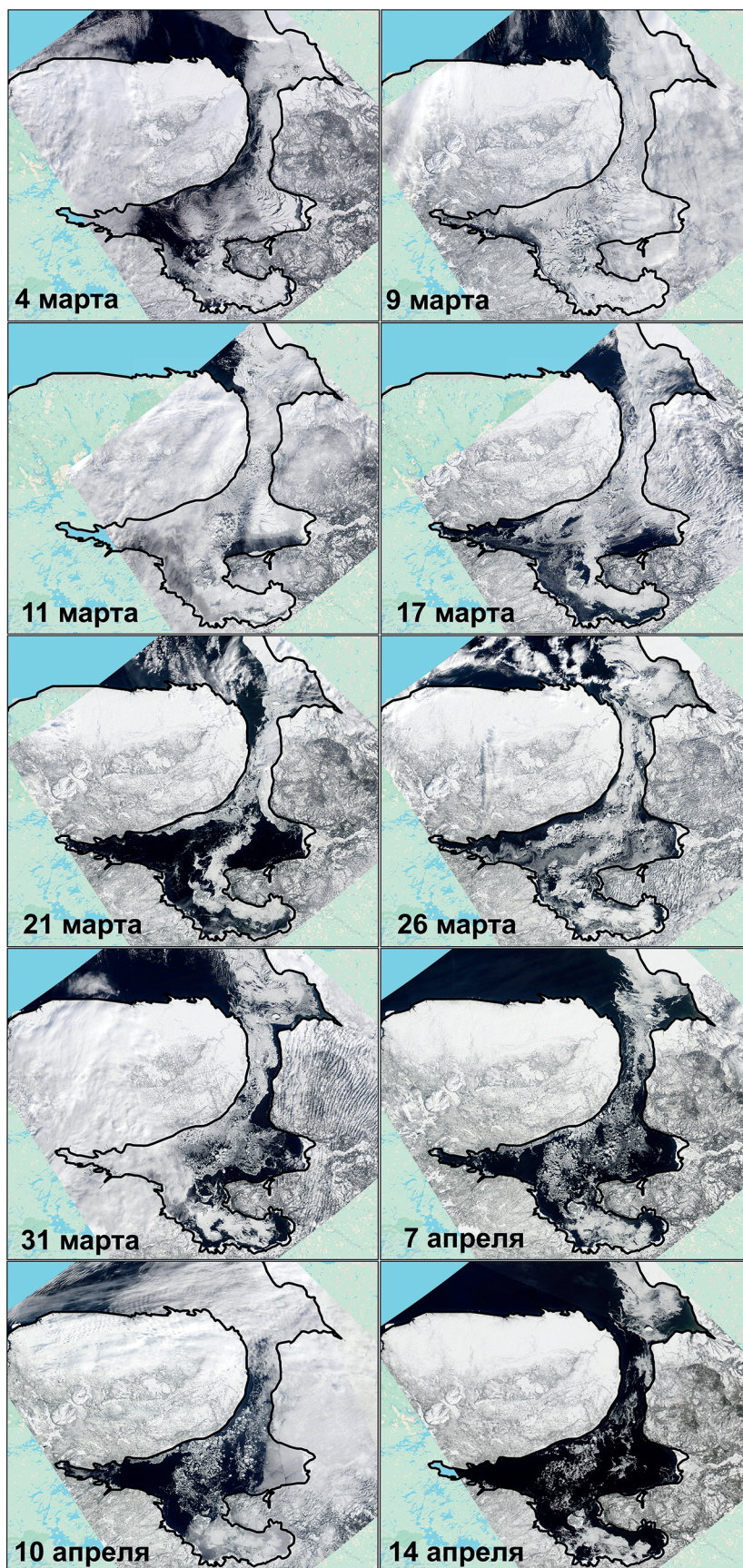


Рис. 4. Ледовая обстановка на Белом море с 4 марта по 14 апреля 2023 г. (по данным спутниковых снимков)
Fig. 4. Ice conditions in the White Sea from March 4 to April 14, 2023 (based on satellite images)

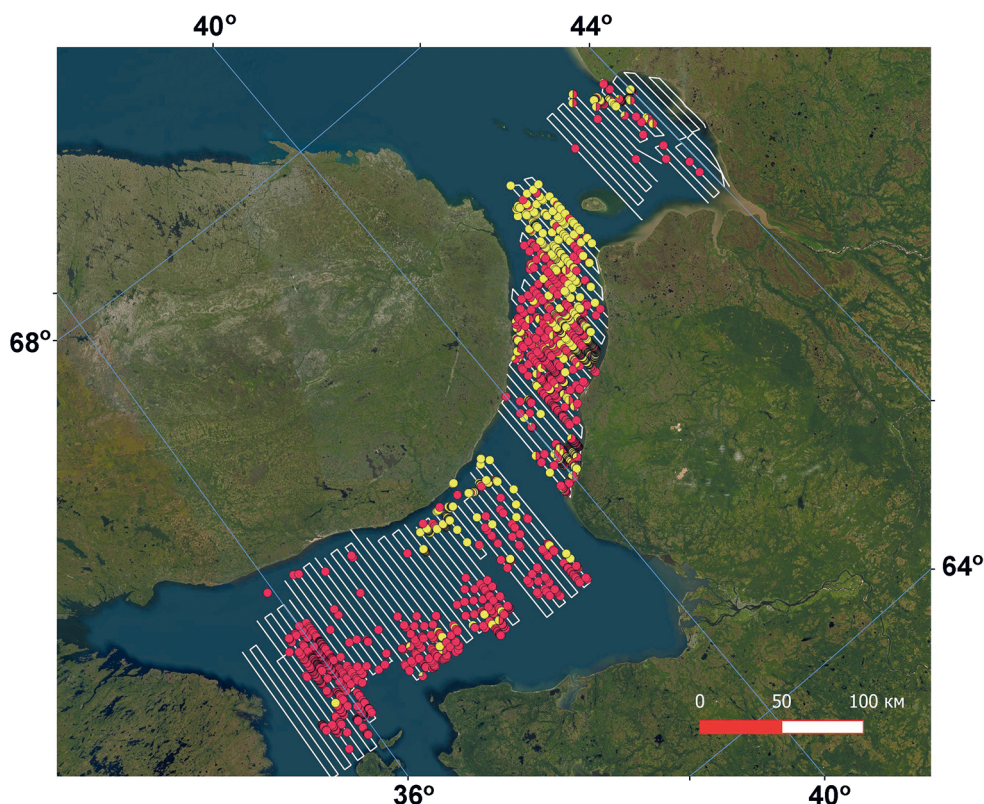


Рис. 5. Распределение гренландских тюленей на дрейфующих льдах Белого моря с 17 марта по 10 апреля 2023 г. (красные точки – половозрелые особи; желтые – щенки; белые линии – трансекты авиаучета в сроки: Бассейн 3.04.2023-10.04.2023; Горло 17.03.2023-6.04.2023; Воронка 18.03.2023-05.04.2023)

Fig. 5. Distribution of harp seals on drift ice in the White Sea from March 17 to April 10, 2023 (red dots – adults; yellow – puppies; white lines – aerial survey transects in the following periods: BASSEIN 03.04.2023-10.04.2023; GORLO 17.03.2023-6.04.2023; VORONKA 18.03.2023-05.04.2023)

шение льдов в западной и южной частях Бассейна Белого моря. В последующие дни потепление сохранялось, и к 21 марта произошло значительное разрушение ледового покрытия в центральной части Белого моря. В конце марта под действием ветров ледовые поля стали смещаться в северо-восточном направлении. К 7 апреля разрушение льдов усилилось, и в последний день съёмки (10 апреля) в районе работ отмечены только небольшие поля дрейфующего льда. К 14 апреля акватория Белого моря практически полностью освободилась от сплочённого ледового покрытия. Значительное разрушение ледового покрова в середине марта в Бассейне, вероятно, оказало неблагоприятное влияние на выживаемость щенков в сезоне 2023 г.

В 2023 г. авиаучёт проведён в период с 17 марта по 10 апреля. Он включал 89 трансект общей протяжённостью 5127 км. Всего на фото- и ИК-снимках обнаружено 6 649 половозрелых особей и 2 580 щенков гренландского тюленя. Основное количество щенков находилось в районе Горла Белого моря, где в период съёмки существовали пригодные для щенных за-

лежек ледовые поля. Схема галсов авиасъёмки и локация обнаруженных тюленей (половозрелых особей и щенков) представлены на рис. 5.

В Горле Белого моря было на трансектах фактически обнаружено 2 202 половозрелых особей и 1 668 щенков гренландских тюленей. Оценка общей расчётной численности гренландских тюленей на дрейфующих льдах в Горле Белого моря по методу Н.Г. Челинцева [2004] составила $114\,007 \pm 26\,248$ половозрелых особей и $86\,010 \pm 19\,321$ щенков (табл. 1).

Плотность распределения тюленей на трансектах в районе Горла Белого моря составила: для щенков – от 0,92 до 53,15 экз./км²; в среднем – 9,21; для половозрелых особей – от 0,49 до 99,88 экз./км²; в среднем – 12,21.

В Воронке Белого моря было на трансектах фактически обнаружено 170 щенков и 280 половозрелых особей гренландского тюленя. Оценка общей численности тюленей на дрейфующих льдах в Воронке Белого моря по методу Н.Г. Челинцева составила: половозрелых особей $13\,012 \pm 3\,633$; щенков – $7\,820 \pm 2\,639$ (табл. 2).

Таблица 1. Распределение по трансектам и расчётная численность гренландского тюленя на дрейфующих льдах в районе Горла Белого моря в период с 17 марта по 6 апреля 2023 г.
(высота полёта БВС – 250 м, ширина полосы захвата трансекты – 100 м)

Table 1. Distribution by transects and estimated abundance of harp seals on drifting ice in the White Sea GORLO area from March 17 to April 6, 2023 (UAV flight altitude – 250 m, transect capture width – 100 m)

Показатели					Щенки			Половозрелые особи		
№ трансекты	Длина трансекты, км	Площадь трансекты, км ²	Ширина сектора, км	Площадь сектора, км ²	Количество особей	Оценка численности щенков в секторе	Плотность распределения, щенков на км ²	Количество особей	Оценка численности особей в секторе	Плотность распределения, особей на км ²
<i>j</i>	<i>L_j</i>	<i>q_j</i>	<i>F_j</i>	<i>Q_j</i>	<i>n_j</i>	<i>N_j</i>	<i>D_j</i>	<i>n_j</i>	<i>N_j</i>	<i>D_j</i>
1	68,7	6,9	14	982,8	78	11154	11,35	127	18161	18,48
2	65,5	6,6	4,6	301,5	6	276	0,92	25	1150	3,81
3	64,8	6,5	4,6	298,3	57	2622	8,79	107	4922	16,50
4	67,6	6,8	4,6	311,2	37	1702	5,47	102	4692	15,08
5	68,5	6,8	4,6	315,0	364	16744	53,15	684	31464	99,88
6	67,2	6,7	4,6	309,0	147	6762	21,88	293	13478	43,61
7	63,1	6,3	4,6	290,4	14	644	2,22	73	3358	11,56
8	62,1	6,2	4,6	285,7	18	828	2,90	40	1840	6,44
9	57,5	5,8	4,6	264,7	20	920	3,48	51	2346	8,86
10	56,8	5,7	4,6	261,3	6	276	1,06	69	3174	12,15
11	61,7	6,2	4,6	283,6	7	322	1,14	37	1702	6,00
12	69,7	7,0	4,6	320,7	7	322	1,00	26	1196	3,73
13	72,5	7,3	4,6	333,6	15	690	2,07	34	1564	4,69
14	68,3	6,8	4,6	314,0	259	11914	37,94	81	3726	11,87
15	64,8	6,5	4,6	298,3	122	5612	18,82	108	4968	16,66
16	65,0	6,5	4,6	298,8	247	11362	38,02	111	5106	17,09
17	65,3	6,5	4,6	300,5	88	4048	13,47	87	4002	13,32
18	77,9	7,8	4,6	358,4	8	368	1,03	28	1288	3,59
19	77,9	7,8	4,6	358,2	8	368	1,03	25	1150	3,21
20	85,1	8,5	4,6	391,6	41	1886	4,82	7	322	0,82
21	77,4	7,7	4,6	356,2	64	2944	8,26	21	966	2,71
22	83,8	8,4	4,6	385,5	11	506	1,31	43	1978	5,13
23	72,7	7,3	4,6	334,5	17	782	2,34	18	828	2,48
24	65,2	6,5	4,6	299,7	14	644	2,15	2	92	0,31
25	60,8	6,1	18	1081,7	13	2314	2,14	3	534	0,49
Итого	1710	171	138	9335	1668	86010	9,21	2202	114007	12,21

Плотность распределения щенков на трансектах варьировала от 0 до 11,93 экз./км²; в среднем – 1,48. Плотность распределения половозрелых особей на трансектах варьировала от 0 до 15,96 экз./км²; в среднем – 2,46.

Доли щенков и половозрелых особей на щенных залёжках изменялись со временем. В начале работ, с 17 по 23 марта, на всех обследованных льдах в Горле и Воронке Белого моря половозрелые особи незначительно преобладали по численности над щен-

ками, составляя от 62 до 67% от общей численности в скоплениях. С 26 марта по 3 апреля на дрейфующих льдах стали появляться районы, на которых преобладали либо половозрелые особи (до 80%), либо щенки (до 62,5%). В это время самки перестают кормить бельков и уходят в районы спаривания и линьки, в результате чего происходит разделение половозрелых особей и щенков.

В Бассейне Белого моря щенки тюленя встречались в основном в северо-восточной части, у Мурман-

Таблица 2. Распределение и расчётная численность гренландского тюленя на дрейфующих льдах в Воронке Белого моря в период с 18 по 23 марта 2023 г. (Высота полёта БВС – 250 м, ширина полосы захвата трансекты 100 м.; обозначения – как в табл. 1)

Table 2. Distribution and estimated abundance of harp seals on drifting ice in the White Sea VORONKA area from 18 to March 23, 2023. UAV flight altitude – 250 m, transect capture width 100 m. (designations – as in Table 1)

Показатели					Щенки			Половозрелые особи		
<i>i</i>	<i>L_i</i>	<i>q_i</i>	<i>F_i</i>	<i>Q_i</i>	<i>n_i</i>	<i>N_i</i>	<i>D_i</i>	<i>n_i</i>	<i>N_i</i>	<i>D_i</i>
1	84,3	8,4	17,8	1501,2	0	0	0,00	1	178	0,12
2	76,6	7,7	4,6	352,6	0	0	0,00	0	0	0,00
3	76,4	7,6	4,6	351,4	0	0	0,00	0	0	0,00
4	73,8	7,4	4,6	339,4	0	0	0,00	0	0	0,00
5	73,9	7,4	4,6	339,7	1	46	0,14	1	46	0,14
6	73,4	7,3	4,6	337,8	2	92	0,27	4	184	0,54
7	40,1	4,0	4,6	184,2	11	506	2,75	10	460	2,50
8	37,9	3,8	4,6	174,4	25	1150	6,59	43	1978	11,34
9	39,9	4,0	4,6	183,4	21	966	5,27	25	1150	6,27
10	45,3	4,5	4,6	208,2	54	2484	11,93	68	3128	15,02
11	45,3	4,5	4,6	208,2	18	828	3,98	41	1886	9,06
12	54,5	5,5	4,6	250,7	38	1748	6,97	87	4002	15,96
13	54,9	5,5	4,6	252,7	0	0	0,00	0	0	0,00
14	49,9	5,0	4,6	229,4	0	0	0,00	0	0	0,00
15	44,4	4,4	4,6	204,2	0	0	0,00	0	0	0,00
16	39,3	3,9	4,6	180,7	0	0	0,00	0	0	0,00
Итого	910	91	86,8	5298	170	7820	1,48	280	13012	2,46

ского побережья. Такое распределение щенков было обусловлено тем, что в центральной части Бассейна во время съёмки (с 3 по 10 апреля 2023 г.) ледовые поля уже начали разрушаться и дрейфовать в сторону Горла, и только у Мурманского побережья сохранялись стабильные ледовые поля, на которых находились ценные залежки. Половозрелые особи в это время находились в юго-западной части Бассейна, на крупных дрейфующих льдинах, где, вероятно, происходили спаривание и линька. В местах концентраций половозрелых особей щенки встречались единично.

Всего на трансектах в Бассейне фактически обнаружено 4 167 половозрелых особей и 742 щенков гренландских тюленей. Оценка общей расчётной численности тюленей на дрейфующих льдах в Бассейне, по методу Н.Г. Челинцева составила: половозрелых особей – $76\,464 \pm 393$; щенков – $13\,802 \pm 8\,638$ (табл. 3).

Плотность распределения тюленей на трансектах в Бассейне варьировала: для щенков – от 0 до 9,35 экз./км²; в среднем – 0,79; для половозрелых особей – от 0,04 до 31,90 экз./км²; в среднем – 4,35.

С 3 по 10 апреля доля половозрелых особей на дрейфующих льдах в Бассейне составляла в среднем 81% (от 45,5% до 100% в скоплениях), что соответ-

ствовало формированию на дрейфующих льдинах линейных залёжек половозрелых самок и самцов. Щенки к этому времени встречались только у западной границы Горла Белого моря.

Следует отметить, что в Бассейне авиаучёт 2023 г. проходил в период, когда ледовые поля, пригодные для развития щенков, продержались менее двух недель при необходимом сроке от 4 до 6 недель. Вероятно, такая неблагоприятная ледовая обстановка повлияла на массовую гибель приплода. На высокий уровень смертности щенков косвенно указывает их низкая доля относительно всех обнаруженных особей на льдах в Бассейне – 15,3%, по сравнению с другими обследованными районами: в Горле доля щенков составила – 43,0%; в Воронке – 37,5%; в среднем – 40,3%. В связи с этим, была сделана оценка количества щенков, родившихся в Бассейне, с учётом соотношения их средней доли. Эта расчётная величина составила 30 815, вместо 13 802 фактически учтённых щенков.

Таким образом, общая расчётная численность животных на дрейфующих льдах по всему Белому морю по результатам обработки авиучёта 2023 г. составила: половозрелых особей – $203\,483 \pm 25\,255$; щенков – $124\,645 \pm 20\,774$.

Таблица 3. Распределение и расчётная численность гренландского тюленя на дрейфующих льдах в Бассейне Белого моря в период с 3 по 10 апреля 2023 г. Высота полёта БВС – 250 м, ширина полосы захвата трансекты 255 м (обозначения – как в табл. 1)

Table 3. Distribution and estimated abundance of harp seals on drifting ice in the White Sea BASSEIN area from 3 to April 10, 2023. UAV flight altitude – 250 m, transect capture width 255 m. (designations – as in Table 1)

Показатели					Щенки			Половозрелые особи		
j	L_j	q_j	F_j	Q_j	n_j	N_j	D_j	n_j	N_j	D_j
1	93,3	23,8	4,6	429,2	0	0	0,00	1	18	0,04
2	93,1	23,7	4,6	428,4	0	0	0,00	0	0	0,00
3	93,1	23,7	4,6	428,3	0	0	0,00	1	18	0,04
4	77,9	19,9	4,6	358,5	0	0	0,00	274	4943	13,79
5	104,6	26,7	4,6	481,0	1	18	0,04	117	2111	4,39
6	103,8	26,5	4,6	477,4	1	18	0,04	177	3193	6,69
7	103,7	26,4	4,6	477,0	0	0	0,00	123	2219	4,65
8	103,5	26,4	4,6	476,2	0	0	0,00	842	15189	31,90
9	89,1	22,7	4,6	409,8	0	0	0,00	483	8713	21,26
10	88,9	22,7	4,6	408,9	0	0	0,00	594	10715	26,21
11	77,8	19,8	4,6	357,9	0	0	0,00	38	685	1,92
12	77,8	19,8	4,6	357,9	0	0	0,00	18	325	0,91
13	78,0	19,9	4,6	358,9	0	0	0,00	31	559	1,56
14	77,8	19,8	4,6	357,9	0	0	0,00	14	253	0,71
15	77,8	19,8	4,6	358,0	0	0	0,00	26	469	1,31
16	78,0	19,9	4,6	358,8	1	18	0,05	14	253	0,70
17	93,0	23,7	4,6	427,6	0	0	0,00	29	523	1,22
18	93,2	23,8	4,6	428,6	8	144	0,34	42	758	1,77
19	93,0	23,7	4,6	428,0	1	18	0,04	82	1479	3,46
20	90,7	23,1	4,6	417,4	2	36	0,09	84	1515	3,63
21	90,6	23,1	4,6	416,5	4	72	0,17	118	2129	5,11
22	90,0	23,0	4,6	414,1	10	180	0,44	120	2165	5,23
23	88,2	22,5	4,6	405,6	6	108	0,27	96	1732	4,27
24	82,8	21,1	4,6	380,8	0	0	0,00	50	902	2,37
25	82,4	21,0	4,6	378,9	1	18	0,05	34	613	1,62
26	79,9	20,4	4,6	367,7	1	18	0,05	5	90	0,25
27	80,2	20,4	4,6	368,9	2	36	0,10	27	487	1,32
28	80,0	20,4	4,6	368,1	174	3139	8,53	37	667	1,81
29	83,5	21,3	4,6	384,3	5	90	0,23	130	2345	6,10
30	83,5	21,3	4,6	384,3	98	1768	4,60	95	1714	4,46
31	83,1	21,2	4,6	382,1	24	433	1,13	77	1389	3,63
32	83,6	21,3	4,6	384,5	100	1804	4,69	92	1660	4,32
33	39,4	10,1	4,6	181,4	94	1696	9,35	6	108	0,60
34	39,5	10,1	4,6	181,5	4	72	0,40	2	36	0,20
35	86,9	22,1	4,6	399,5	6	108	0,27	27	487	1,22
36	86,7	22,1	4,6	398,6	4	72	0,18	59	1064	2,67
37	86,6	22,1	4,6	398,3	3	54	0,14	21	379	0,95
38	86,7	22,1	4,6	398,8	2	36	0,09	40	722	1,81
39	97,9	25,0	4,6	450,5	118	2129	4,72	23	415	0,92
40	97,9	25,0	4,6	450,4	37	667	1,48	9	162	0,36
41	97,9	25,0	4,6	450,4	24	433	0,96	75	1353	3,00
42	97,8	24,9	14,3	1399,1	11	617	0,44	34	1907	1,36
Итого	3613	921	203	17570	742	13802	0,79	4167	76464	4,35

Авиаучёт 2024. В конце февраля 2024 г., по данным дистанционного мониторинга, пригодный для размножения самок гренландского тюленя ледовый массив в Белом море располагался вдоль Мурманского побережья (рис. 6). С 3 марта под действием северных ветров этот ледовый массив начал дрейфовать в центральную часть Белого моря. Начиная с 10 марта ветер под действием антициклона стал усиливаться, постепенно меняя направление на северо-восточное. С этого времени лёд в Белом море стал смещаться от Терского берега к Архангельскому и к Горлу Белого моря. Во второй декаде марта практически весь сплоченный лёд находился у побережья Архангельской области, ближе к юго-западной части Горла. В третьей декаде марта под действием северо-восточных ветров ледовый массив начал дрейфовать в западном направлении к побережью Карелии. В Бассейне благоприятная для размножения тюленей ледовая обстановка сохранялась с 28 февраля по 5 апреля, тогда как в Горле Белого моря льды быстро дрейфовали, и в отдельные дни значительная часть акватории оказывалась вообще свободной ото льда. В этом районе условия для образования ценных залёжек были неблагоприятными.

Авиаучёт гренландского тюленя в 2024 г. был проведён в оптимальные сроки в период с 3 по 25 марта. За весь период исследований выполнено свыше 100 трансект, общая протяжённость которых составила 10 311 км. На полученных фотоснимках было идентифицировано 4 832 половозрелые особи и 4 216 щенков.

Горло Белого моря обследовано в период с 8 по 14 марта. Было выполнено 67 трансект, общая протяжённость которых составила 4 762 км. Часть акватории была обследована дважды с учётом изменившейся ледовой обстановки. Всего фактически обнаружено восемь половозрелых особей и один щенок.

Воронка Белого моря была обследована в период с 19 по 21 марта. Было выполнено 28 трансект общей протяжённостью 1 914 км. Всего обнаружено 7 щенков и 26 половозрелых особей гренландского тюленя.

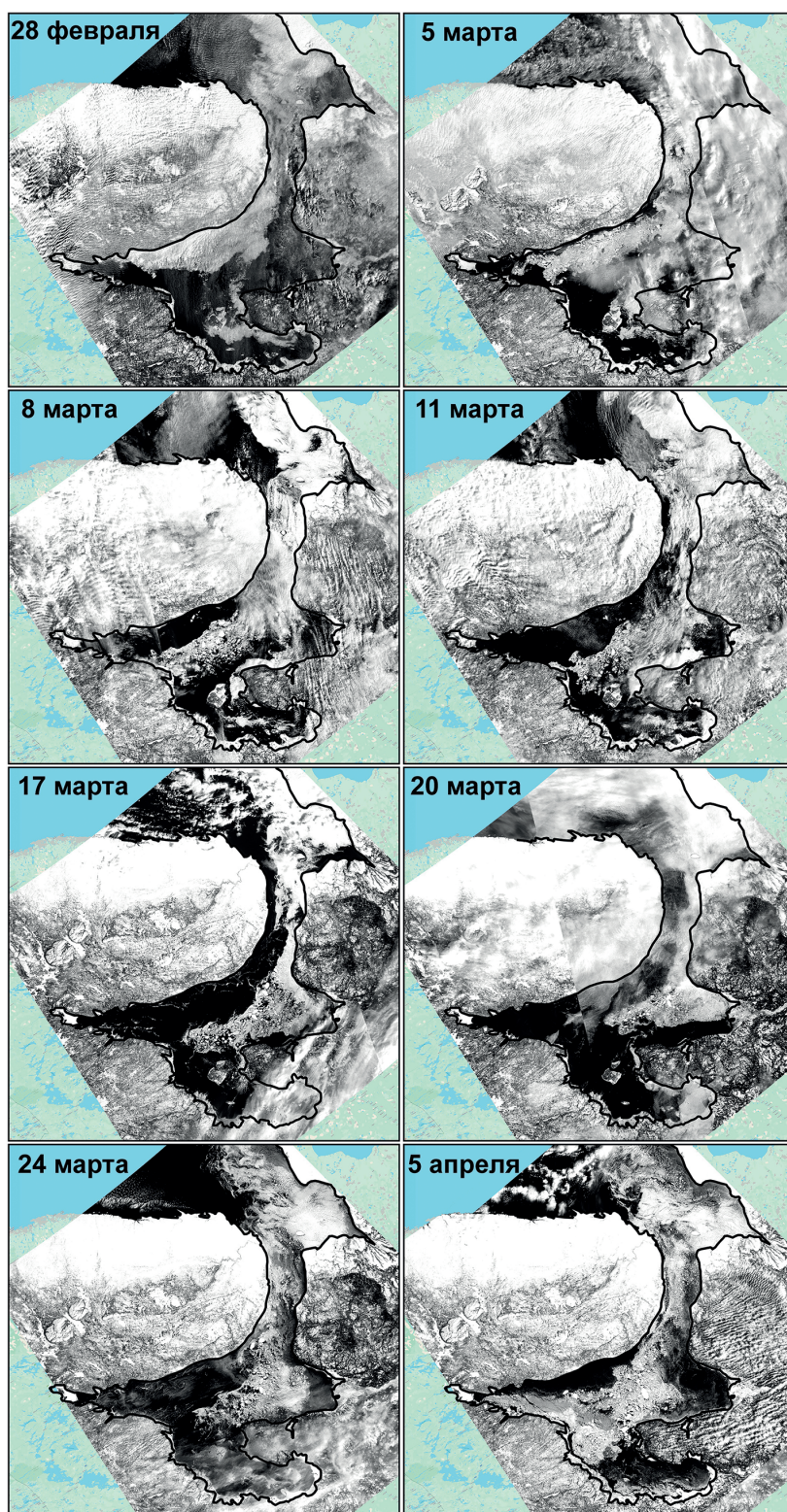


Рис. 6. Ледовая обстановка на Белом море в период с 28 февраля по 5 апреля 2024 г. (по данным спутниковых снимков)

Fig. 6. Ice conditions in the White Sea from February 28 to April 5, 2024 (based on satellite images)

Район Бассейна Белого моря был обследован в период с 3 по 25 марта. Было выполнено 57 трансект общей протяжённостью 3 635 км. В западной части Бассейна на дрейфующих льдах гренландских тюленей обнаружено не было, но были отмечены 43 особи кольчатой нерпы *Pusa hispida* (Schreber, 1775), из которых 11 были со щенками, тогда как в восточной части Бассейна на ледовом массиве была зафиксирована большая щенная залёжка гренландского тюленя (рис. 7).

Для расчёта численности щенков и половозрелых особей гренландских тюленей на этом ледовом массиве использовали данные авиаучётов с 21 по 25 марта, когда трансекты полётов проходили над залёжками тюленей. Для анализа и оценки численности животных на льду был выбран спутниковый снимок от 24 марта 2024 года, поскольку в этот день вся область льда, пригодного для воспроизводства тюленей, была отчётливо видна на спутниковой фотографии. На основе этого снимка по границе ледового массива и свободной поверхности моря были определены северная и южная границы контура площади экстраполяции. В качестве западной и восточной границ были выбраны крайние трансекты авиасъёмки. На эту площадь экстраполяции были наложены линии, продолжающие маршруты трансект на север и на юг, до границ контура экстраполяции. Таким образом, была создана расчётная область,

состоящая из 32 линий, пронумерованных с запада на восток, охватывающая все дрейфующие льды, пригодные для залёжек тюленей (рис. 8). Расстояние между линиями расчётной области соответствовало расстоянию между соответствующими трансектами: 4,7 км между первыми 10 линиями; 3,5 км – между 10-й и 11-й линиями; 2,5 км – между 11-й и 32-й линиями.

Для экстраполяции по длине линии расчётной области использовались данные трансект полётов, совпадающих по расположению. Для этого определялась средняя плотность населения особей и умножалась на длину трансекты.

Для линий с 9 по 14, над которыми авиаучёт не проводился, средняя плотность распределения тюленей была рассчитана следующим образом: по фактическим данным были построены графики распределения плотностей щенков и половозрелых особей гренландского тюленя на линиях расчётной области и выявлены закономерности возрастания плотности распределения с запада на восток, аппроксимируемые кубическими функциями вида $y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + K$. Параметры уравнений тренда были рассчитаны для распределения половозрелых особей и щенков и по ним восстановлены значения плотностей распределения тюленей для линий с отсутствующими данными (рис. 9).

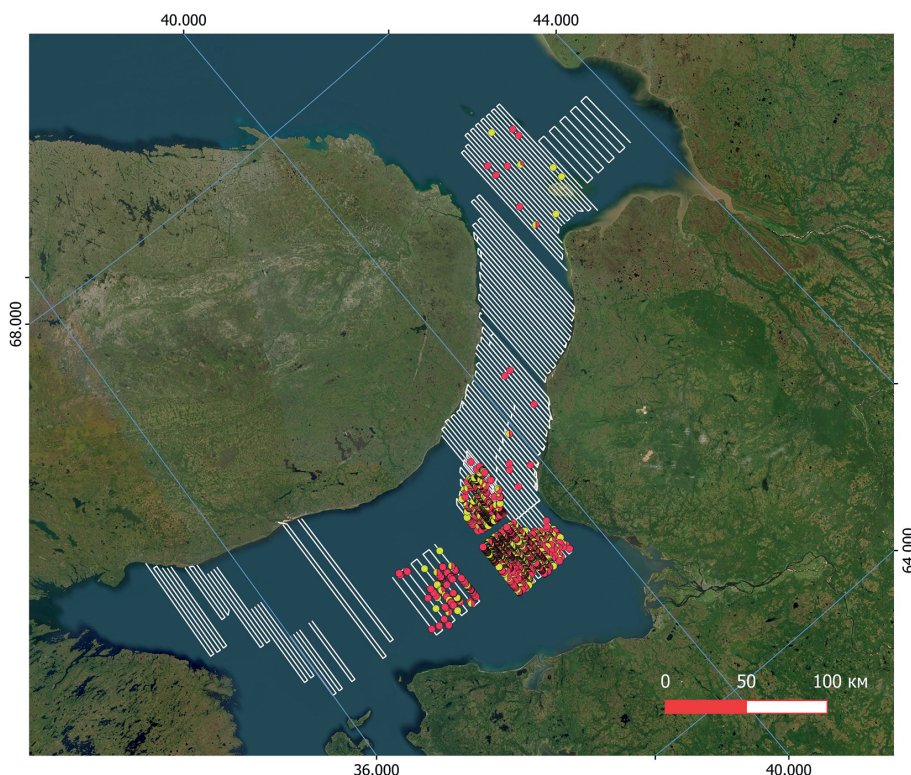


Рис. 7. Распределение щенков и половозрелых особей на дрейфующих льдах Белого моря с 3 по 25 марта 2024 г.
Fig. 7. Distribution of pups and adults on drift ice of the White Sea from March 3 to March 25, 2024

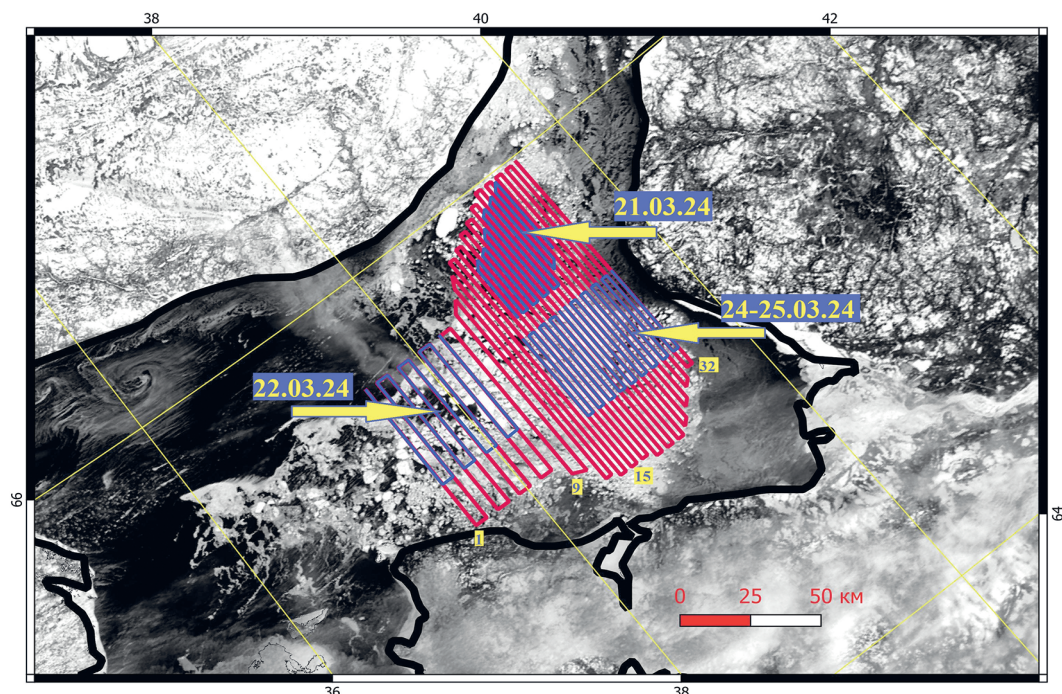


Рис. 8. Карта схема расчётной области ледового массива в Бассейне Белого моря. Красные полосы – расчётная область из 32 линий, пронумерованных с запада на восток, стрелками показаны синие полосы – трансекты авиаучётов с 21 по 25 марта 2024 г.

Fig. 8. Map of the calculated area of the ice massif in the White Sea BASSEIN area. Red stripes – the calculated area of 32 lines, numbered from west to east, arrows show blue stripes – transects of aerial surveys from March 21 to 25, 2024

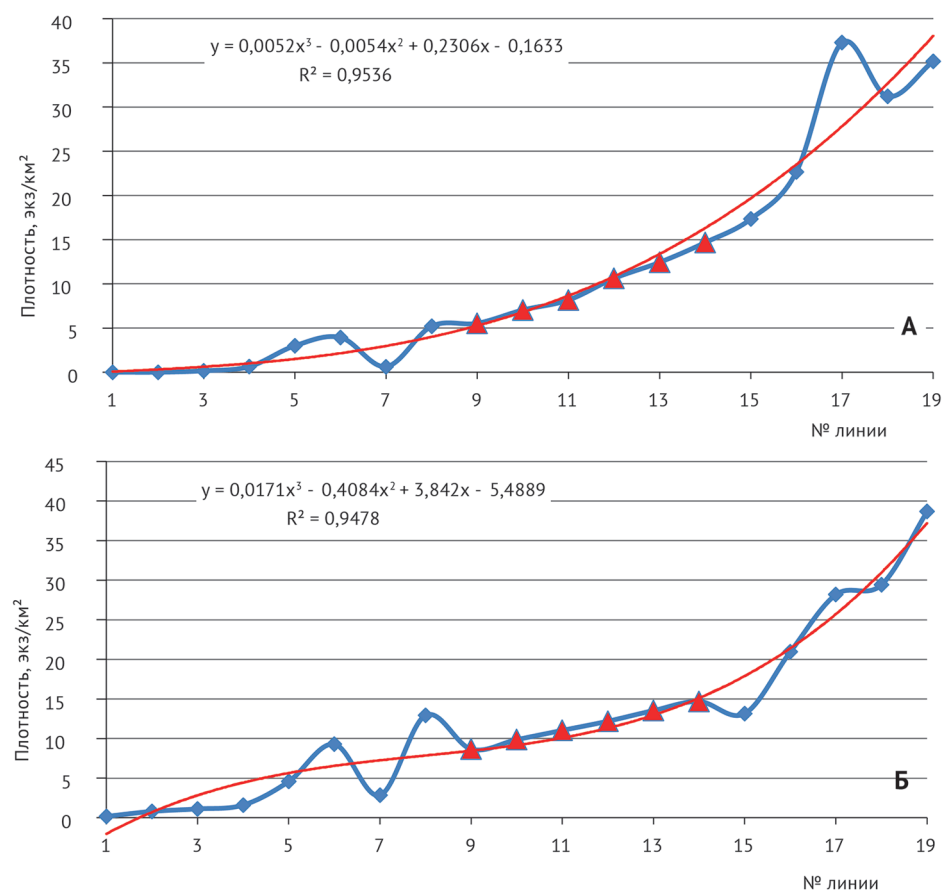


Рис. 9. Плотность населения щенков (А) и половозрелых особей (Б) на первых 19 линиях расчётной области (синие точки – фактические данные, красные треугольники – восстановленные значения)

Fig. 9. Population density of pups (A) and adults (B) on the first 19 lines of the calculation area (blue dots – actual data, red triangles – reconstructed values)

Таблица 4. Распределение и расчётная численность гренландского тюленя на дрейфующих льдах в Бассейне Белого моря в марте 2024 г. Высота полёта БВС – 200 м, ширина полосы захвата линии расчётной области 143 м (обозначения – как в табл. 1)

Table 4. Distribution and estimated abundance of harp seals on drift ice in the White Sea BASSEIN area in March 2024. UAV flight altitude is 200 m, the width of the capture strip of the estimated area line is 143 m (designations are as in Table 1)

J^*	L_j	q_j	F_j	Q_j	Щенки			Половозрелые особи		
					n_j	N_j	D_j	n_j	N_j	D_j
1	63,8	9,12	4,7	299,6	0	0	0,0	1	47	0,2
2	63,8	9,12	4,7	299,8	0	0	0,0	7	236	0,8
3	63,8	9,12	4,7	299,8	1	47	0,2	10	331	1,1
4	63,7	9,11	4,7	299,3	6	190	0,6	14	475	1,6
5	63,7	9,11	4,7	299,3	27	896	3,0	42	1367	4,6
6	63,8	9,12	4,7	299,8	36	1179	3,9	85	2783	9,3
7	63,7	9,11	4,7	299,5	6	188	0,6	26	848	2,8
8	63,9	9,13	4,7	300,2	47	1561	5,2	118	3878	12,9
9	69,4	9,93	4,7	326,3	55	1808	5,5	86	2827	8,7
10	74,5	10,65	3,5	305,5	75	2150	7,0	105	3010	9,9
11	85,6	12,24	2,5	256,9	100	2098	8,2	135	2832	11,0
12	89,0	12,72	2,5	222,4	135	2360	10,6	155	2710	12,2
13	95,6	13,67	2,5	239,1	170	2972	12,4	185	3234	13,5
14	100,1	14,31	2,5	250,2	210	3671	14,7	210	3671	14,7
15	100,1	14,31	2,5	250,2	248	4339	17,3	188	3290	13,1
16	102,3	14,63	2,5	255,7	332	5798	22,7	306	5356	20,9
17	102,3	14,63	2,5	255,7	545	9535	37,3	412	7205	28,2
18	105,6	15,11	2,5	264,1	472	8244	31,2	444	7771	29,4
19	107,9	15,42	2,5	269,6	542	9484	35,2	596	10424	38,7
20	110,1	15,74	2,5	275,2	518	9048	32,9	552	9647	35,1
21	110,1	15,74	2,5	275,2	934	16327	59,3	1123	19627	71,3
22	113,4	16,22	2,5	283,5	878	15343	54,1	892	15599	55,0
23	113,4	16,22	2,5	283,5	551	9641	34,0	695	12145	42,8
24	116,8	16,70	2,5	291,9	639	11174	38,3	873	15267	52,3
25	114,5	16,38	2,5	286,3	643	11246	39,3	802	14017	49,0
26	112,3	16,06	2,5	280,8	382	6685	23,8	461	8065	28,7
27	109,0	15,58	2,5	272,4	85	1479	5,4	100	1753	6,4
28	106,7	15,26	2,5	266,9	70	1220	4,6	104	1817	6,8
29	103,4	14,79	2,5	258,5	61	1074	4,2	53	927	3,6
30	101,2	14,47	2,5	253,0	71	1242	4,9	71	1242	4,9
31	97,9	13,99	2,5	244,6	13	231	0,9	34	600	2,5
32	97,9	13,99	2,5	244,6	26	462	1,9	34	600	2,5
Итого	2949	422	101	8809	7878	141692	16,1	8919	153601	18,6

Примечание: * – Порядковый номер линии расчётной области.

Плотность распределения щенков на линиях расчётной области варьировала от 0 до 59,3 экз./км²; в среднем – 16,2; плотность распределения половозрелых особей – от 0,2 до 71,3 экз./км²; в среднем – 18,6 (табл. 4).

В Бассейне Белого моря было на трансектах фактически обнаружено 8919 половозрелых особей

и 7878 щенков гренландских тюленей. Общая расчётная численность гренландских тюленей на дрейфующих льдах в Бассейне, по методу Н.Г. Челинцева, составила 153 601±10 767 половозрелых особей и 141 692±8 696 щенков. Поскольку в Горле и в Воронке половозрелые особи и щенки встречались единично, то эти районы были исключены из расчётов общей

численности тюленей. Итоговая минимальная оценка общей численности приплода в Белом море соответствовала численности приплода в пределах расчётной области в Бассейне.

Соотношение щенков и половозрелых особей на льдах в Бассейне в пределах расчётной области изменялось в широтном направлении: в западной части района преобладали половозрелые особи, составлявшие на отдельных линиях свыше 80%; в центральной и восточной частях района залёжек соотношение половозрелых особей и щенков было примерно равным либо щенки численно преобладали: до 60% общей численности на отдельных линиях (рис. 10).

Примерно равное соотношение щенков и половозрелых особей в центральной части Бассейна в 2024 г. было обусловлено тем, что в период авиаучёта самки ещё продолжали молочное вскармливание потомства и находились рядом со щенками (рис. 11). В 2023 году, когда основная масса щенков находилась в районе Горла Белого моря, молочное вскармливание в основном закончилось к 21 марта, а в 2024 году в Бассейне оно продолжалось до 25 марта.

ОБСУЖДЕНИЕ

Приуроченность воспроизводства и молочного вскармливания щенков гренландского тюленя к ле-

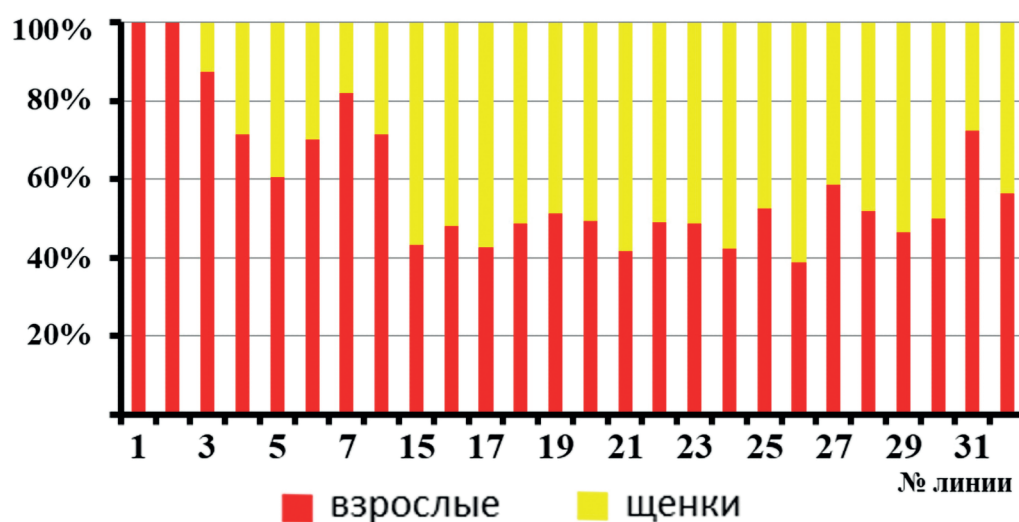


Рис. 10. Соотношение половозрелых особей и щенков гренландского тюленя в пределах ледового массива в Бассейне Белого моря в период с 21 по 25 марта 2024 г. (учётные линии пронумерованы, как показано на рис. 8)

Fig. 10. The ratio of adult and pup harp seals within the ice massif in the White Sea BASSEIN area during the period from 21 to 25 March 2024 (counting lines are numbered as shown in Fig. 8)



Рис. 11. Кормление самками бельков на льдах в Бассейне Белого моря в марте 2024 г.

Fig. 11. Females feeding pups on ice in the White Sea BASSEIN area in March 2024

дяным полям обуславливает решающую роль ледового режима конкретного года в успешности воспроизводства этого вида в Белом море [Дорофеев, 1960; Stenson et al., 2020]. Ледовые условия в районах ценных залёжек гренландских тюленей должны обеспечивать наибольшие шансы для выживания потомства: новорождённым щенкам гренландского тюленя в первые 4-5 недель их жизни необходим устойчивый лёд, на котором проходит молочное вскармливание (2–3 недели) и линька (1,5–2 недели), и только после окончания линьки первичного волосяного покрова щенки гренландского тюленя, перейдя на стадию серки, приобретают физиологическую способность к плаванию и нырянию [Светочев, Светочева, 2009; Sergeant 1991; Stenson, Hammill, 2014]. Оптимальными для формирования ценных залёжек гренландского тюленя в Белом море являются толстые однолетние льды с заснеженной сухой поверхностью и достаточно густой сетью разводьев, расположенные в глубине массива ледовых полей и дрейфующие из района воспроизводства в Бассейне или Горле Белого моря к кромке льдов в Баренцевом море, где перелинявшие щенки смогут перейти к самостоятельному образу жизни [Чапский, 1965; Лукин, 2013; Светочев, Светочева, 2018]. Раннее таяние недостаточно толстых льдов в тёплые зимы, интенсивное торошение в шторма, вынос ледовых полей со щенками в аномальном западном направлении в Баренцево море может приводить к массовой смертности щенков. По мнению Л.А. Попова [1971 б], общий уровень смертности щенков гренландского тюленя в Белом море в обычные годы составляет 3–4,5%.

Весной 2023 г. более половины площади ледовых полей в Бассейне распалось в период с 9 по 21 марта, что привело, вероятно, к высокой смертности щенков в этот период. Для Горла и Воронки ситуация в этот период была более благоприятной, т. к. необходимая для развития щенков ледовая обстановка сохранялась на протяжении более 4 недель (с 4 марта по 7 апреля). По результатам обработки данных авиаучёта численность щенков составила $124\,645 \pm 20\,774$. Поскольку авиаучёт в 2023 г. был выполнен не в оптимальный период, в конце марта – начале апреля, когда часть щенков могла уже находиться в воде, возможен недоучёт приплода. С другой стороны, сравнение доли щенков в залёжках тюленей в Бассейне, Горле и Воронке Белого моря позволяет косвенно судить о том, что их смертность в Бассейне была высока.

В 2024 г. в Бассейне Белого моря благоприятная для развития щенков ледовая обстановка сохранялась с 28 марта по 5 апреля. Тогда как в районе Горло отмечена высокая скорость дрейфа льдов, приводя-

щая в некоторые дни к большим зонам чистой воды – без льда. Основная ценная залёжка находилась в восточной части района Бассейн, в других районах отмечены только единичные особи. По результатам обработки численность щенков составила $141\,692 \pm 8\,696$ ($CV = 3,4\%$). Следует отметить, что авиаучёт выполнен в оптимальный период с 5 по 25 марта. В эти сроки практически все щенки должны были находиться на льду.

Ледовая обстановка совместно с ветровым режимом в весенний период определяют распределение щенков на дрейфующих льдинах в акватории Белого моря. Совокупность этих факторов влияет на развитие и выживаемость приплода. Даже в годы с большой ледовитостью моря ценные залёжки, сформированные в восточной части Бассейна, могут под действием восточного ветра выноситься в западные районы Баренцева моря, где без достаточного питания часть щенков погибает [Лукин, 2013]. Аналогичная ситуация могла сложиться и в 2024 году. В конце марта – начале апреля дрейфующий массив льда в районе Бассейн под действием ветра сместился в западном направлении. Впоследствии отмечалась гибель молодых особей на побережье Белого моря на Терском берегу Мурманской области, а также в Архангельской области. Биологи-охотоведы национального парка «Онежское Поморье» осмотрели животных и заключили, что особи были выброшены штормом на побережье в результате естественных процессов и направления ветров.⁴ Аналогичное заключение сделано сотрудниками Комитета по ветеринарии Мурманской области.⁵ Наиболее распространёнными причинами смертности потомства являются неблагоприятные роды, задавливание льдами, замерзание и гибель от истощения [Лукин, Васильев, 2004].

Динамика воспроизводства с 1955 по 2024 гг. по результатам авиасъёмки варьировала от 65 тыс. экз. в 1963 году до 340 тыс. экз. в 2000 году (рис. 12). Низкие значения связаны с влиянием интенсивного промысла [Назаренко, 1984], тогда как очень высокие, вероятно, с методологическими ошибками [Огнетов, 2008].

В 1998 г. был применён новый мультиспектральный метод учёта щенков гренландского тюленя на льдах в Белом море, который заключался в одновременной съёмке учётной полосы 500-600 метров фотокамерой и тепловизором [Черноок, 2009]. Затем на учётной полосе считали общее количество «тёплых»

⁴ <https://www.echosevera.ru/2024/06/13/666a946dde0369e98b079834.html>

⁵ <https://murman.tv/news-n-23453-prichina-gibeli-tyulenej-v-terskom-rajone-stala-izvestna>

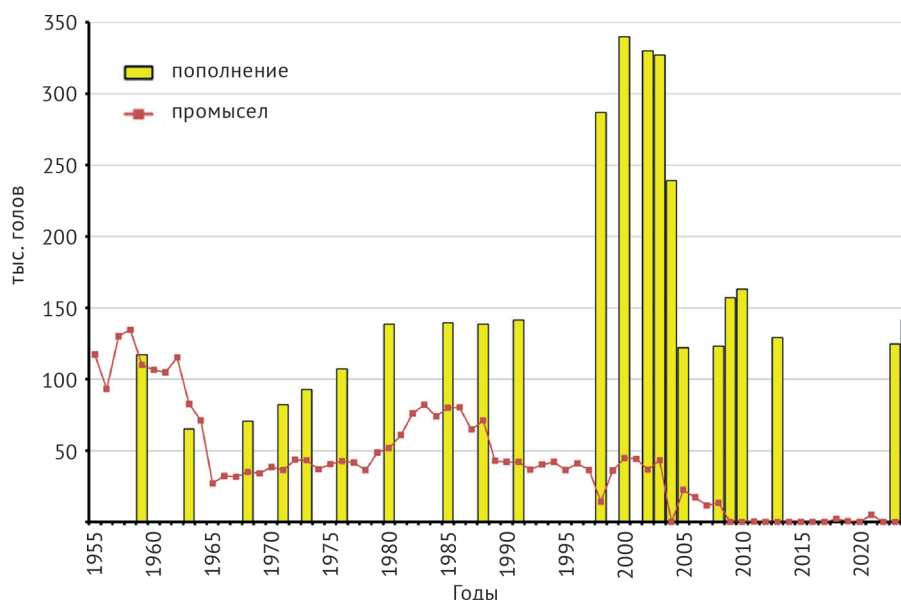


Рис. 12. Изменение численности пополнения по данным авиасъёмок и динамика промысла ГТБП с 1955 по 2024 гг. [по данным: Назаренко, 1984; Черноок и др., 1999; Шафилов, 2015; ICES. 2023; собственные данные]

Fig. 12. Changes in the abundance of pup production based on aerial surveys and the dynamics of the White Sea harp seal population sealing from 1955 to 2024 [based on data from: Nazarenko, 1984; Chernook et al., 1999; Shafikov, 2015; ICES. 2023; own data]

пятен (взрослых особей) и далее по соотношению щенки/взрослые, определённому на фотографиях видимого диапазона и с учётом корректирующего коэффициента недоучёта 1,34 [Черноок и др., 2000], рассчитывали численность пополнения гренландского тюленя. К итоговому значению прибавляли количество щенков, добытых во время промысла в год авиаучёта. Однако результаты этого авиаучёта впоследствии неоднократно менялись вследствие изменения методик расчёта. Первоначально численность щенков по данным авиаучёта в 1998 году оценивалась в 381 тыс. экз. [Черноок и др., 1999], затем она уменьшилась до 364 тыс. экз. [Черноок и др., 2000], а конечное значение составило 287 тыс. экз. [Шафилов и др., 2006; Черноок, Болтнев, 2008]. Разница между первоначальной и конечной оценками составляет почти 100 тыс. экз. Как отмечали сами разработчики этой методики В.И. Черноок и Н.В. Кузнецов [2000], недостатком методики была невысокая разрешающая способность тепловизора и «наличие» ложных целей – тепловых пятен и помех, возникающих по различным причинам: длительного нахождения животных на одном месте, нагревания грязи на солнце, особенности работы тепловизора, учитывающего относительные перепады температур (при определённой температуре воздуха перепад вода-лёд имел одинаковый контраст по отношению животное-лёд). Завышение численности приплода связано было с неправильным определением соотношения щенки/взрослые на

уровне 0,4 [Черноок и др., 1999]. По результатам исследований 2023 и 2024 гг. это соотношение в период щенки близко к 1; оно незначительно смещается в большую или иную сторону только по окончании периода лактации, когда самки покидают щенков.

Таким образом, высокие оценки численности пополнения гренландского тюленя в период с 1998 года по 2004 год вызывают сомнения. По мнению Г.Н. Огнетова [2008], в этот отрезок времени присутствовала необъективность оценки результатов авиасъёмок из-за меняющегося характера распределения животных в районе обитания. Действительно, трёхкратное уменьшение численности щенков не поддавалось адекватному описанию модельными расчётами [Шафилов 2012], при отсутствии эпизоотии и эмиграций на сопредельные акватории [Гайденок и др., 2012 а]. Основной причиной сокращения численности приплода называли резкое снижение кормовой базы [Черноок, Болтнев, 2008]. Другую причину сокращения маточного поголовья связывали с изменениями, происходящими в репродуктивной стратегии самок, а именно: затуханием физической активности в возрасте 23-25 лет, растянутостью вступления в размножение и отдых после нескольких щенков [Назаренко, 1990]. Скорее всего, вышеперечисленные факторы являются сдерживающими, но не приводящими к катастрофическому снижению количества новорождённых в 2,7 раза. Такие темпы уменьшения маточного поголовья привели бы через 4–5 лет воспроизводящей

части популяции к исчезновению [Лукин, Огнетов, 2011]. Поэтому Н.Д. Гайденоком с соавторами [2012 б] после подведения итогов, полученных на основе системно статистического анализа, было рекомендовано данные авиаучётов за период 1998–2004 гг. в оригинальном виде (абсолютные значения) не использовать при проведении исследований.

После введения запрета на добычу половозрелых самок на щенных залёжках с 1969 г. был отмечен рост численности приплода гренландского тюленя, который к 1980 году достиг уровня 138,5 тыс. Российские авиаучётные исследования половозрелых самок в местах щенения показали, что этот уровень сохранился до 1991 года, а ежегодное пополнение составляло около 140 000 особей [Potelov et al., 2003], при продолжающемся промысле щенков. После введения запрета на промысел бельков, в 2009 году и 2010 году, ежегодный приплод вырос до 157–163 тыс. экз., но затем в 2013 году он снизился до 129 тыс. [Шафилов, 2015]. По данным авиаучётов 2023 и 2024 гг. оценка пополнения составляла от 124,6 до 141,7 тыс. соответственно. С 2005 г. по настоящее время численность пополнения варьировала от 122 до 163 тыс. при среднем значении – $137,2 \pm 10,5$ тыс.

На основе проведённого анализа можно заключить, что колебание численности пополнения в меньшую или большую сторону связано с многими факторами, основными из которых являются: весенняя ледовая обстановка в Белом море в период щенки самок; состояние кормовой базы в период нагула. Следует отметить, что при отсутствии зверобойного промысла на тюленей происходит старение популяции (возраст самок на щенных залёжках достигает 38+) и увеличение возраста впервые овулирующих самок с 4–5 до 7–8 лет [Светочев, Светочева, 2018; Naug, Bjuw, 2023]. Старые самки не способны ежегодно приносить потомство, а молодым не хватает ресурсов для первого появления на щенных залёжках. В итоге формируется иерархическая структура популяций, при которой в размножении участвуют преимущественно доминирующие особи. Такое снижение интенсивности размножения и изменения сроков наступления половой зрелости, по-видимому, являются ответом популяции гренландского тюленя на достижение ею предельной численности при современном уровне трофической конкуренции с другими тюленями Белого моря, конкуренции за рыбные ресурсы с человеком, в условиях изменения ледовитости Белого моря в последние годы.

Начиная с 2004 года ледовая обстановка в Белом море имеет тенденцию к ухудшению как по площади, покрытой льдом, так и по качеству льда – увеличение

в процентном соотношении тонкого битого, мелкобитого льда. С 2008 г. обсуждается вопрос о возможности перемещения части беломорской популяции гренландского тюленя в северном направлении на более удобные льды.

К сожалению, на данный момент вопросы проведения хотя бы разведывательных полётов в период щенки тюленей в Баренцевом море (в районах Чешской губы и от о. Долгий до Карских ворот) так и не решены.

Для расчёта общей численности беломорской популяции гренландского тюленя был применён когортный анализ. Максимальный возраст ограничен значением 33+, однако единичные самки на щенных залёжках встречались в возрасте 38+ [Светочев, Светочева, 2018]. Для каждого поколения (1991–2023 гг.) оценена численность на весну 2024 г. с учётом естественной смертности и промышленным изъятием. Естественная смертность гренландского тюленя, по данным М.Я. Яковенко [1967], составляет: в первый год 20%; на второй – 9%; на третий – 6%; на четвёртый и пятый годы – 5%; в последующем – 7,5%. Стартовая численность поколения соответствует численности приплода по результатам авиаучётов и экспертным оценкам. Данные за период с 2005 по 2013 гг. получены из опубликованных статей [Егоров и др., 2010; Шафилов, 2015; Коржев, Забавников, 2017]. Для поколений с 1991 г. по 2004 г. и с 2014 г. по 2022 г. принято среднее значение 137 тыс. экз., для 2023 г. – 124,6 тыс. (по данным авиаучёта, изложенным в настоящей статье). Таким образом, общая минимальная расчётная численность гренландского тюленя беломорской популяции на начало 2024 года составила 1 548 840 экз. ($CI^6 = [1\,313\,942, 1\,783\,738]$), из которых 1 407 148 экз. составляют тюлени в возрасте одного года и старше и 141 692 экз. – щенки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена полномасштабная мультиспектральная авиасъёмка по оценке численности, распределения и воспроизводства беломорской популяции гренландского тюленя с применением одновременно нескольких БВС. Обработка данных и расчёт численности осуществлялись по фотографиям видимого и ИК-диапазонах с помощью предварительно обученной нейросети. Построены карты распределения половозрелых особей и щенков на дрейфующих льдах Белого моря. Распределение и уровень смертности щенков гренландского тюленя на дрейфующих льдах Белого моря в зимне-весенний период определяются в основном ледовой

⁶ Доверительный интервал

обстановкой и ветровым режимом. Межгодовые колебания численности пополнения гренландского тюленя обусловлены численностью половозрелых самок, участвующих в размножении, а также уровнем весенней смертности щенков и состоянием кормовой базы в предшествующий размножению период нагула тюленей. Полученные данные дали возможность оценить численность пополнения: в 2023 г. на уровне 124,6 тыс. экз.; в 2024 г. – 141,7 тыс. экз. Современная численность гренландского тюленя беломорской популяции на начало 2024 г. составляет 1 548 840 экз. Результаты исследований служат основанием для разработки рекомендаций по сохранению и рациональному использованию гренландского тюленя. Следует отметить, что необходимо проводить на постоянной основе такие авиаучётные работы в период щенки тюленей, включая разведывательные полёты в Баренцевом море – в потенциально новых местах размножения этого вида.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству и операторам беспилотных летательных аппаратов АО «Юнайтед Телеком» (АО «ЮТК»), обеспечивших авиаучётные работы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» по теме «Изучение распределения, численности, роли в экосистемах водоёмов обитания, взаимодействия с рыбными промыслами морских млекопитающих в морях и пресноводных водоёмах Российской Федерации».

ЛИТЕРАТУРА

- Баклагин В.Н. 2018. Исследование ледового режима Белого моря по спутниковым данным NSIDC // Мат. Межд. конф. «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 24(2): 40-45. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-40-45
- Бизиков В.А., Черноок В.И., Сидоров Л.К., Беляев В.А., Шипулин С.В., Кузнецов В.В., Скольский В.А., Климов Ф.В., Марабаев Е.Н., Ербулеков С.Т., Куанышев Е.К. 2021 а. Оценка численности популяции каспийского тюленя по результатам инструментальных авиаучётов на льдах в северной части Каспийского моря в 2012 г., 2020 г. и 2021 г. // Использование и охрана природных ресурсов России. № 4. С. 81-93.
- Бизиков В.А., Петерфельд В.А., Черноок В.И., Кузнецов В.В., Петров Е.А., Бобков А.И. Ткачёв В.В., Сидоров Л.К., Болтнев Е.А. 2021 б. Методические рекомендации по проведению учёта приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) с беспилотных летательных аппаратов в Байкальском рыбохозяйственном бассейне. М.: Изд-во ВНИРО. С. 56.
- Бизиков В.А., Сабиров М.А., Сидоров Л.К., Лукина Ю.Н. 2022 а. Численность и распределение ладожской кольчатой нерпы в аномально тёплую зиму 2020 года: оценка по результатам авиаучёта с использованием БПЛА // Труды ВНИРО. Т. 190. С. 79-94.
- Бизиков В.А., Сидоров Л.К., Петерфельд В.А., Болтнев Е.А. 2022 б. Применение беспилотных летательных аппаратов для оценки численности байкальской нерпы // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. Керчь, 13-18 сентября 2022 года. Мат. III Межд. науч.-практ. конф. Симферополь: ООО Ариал. С. 108-113.
- Гайденок Н.Д., Макаревич П.Р., Огнетов Г.Н. 2012 а. Некоторые особенности обработки мониторинга беломорской популяции гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) // Рыбное хозяйство. № 3. С. 50-53.
- Гайденок Н.Д., Макаревич П.Р., Огнетов Г.Н., Чмаркова Г.М. 2012 б. Анализ результатов мониторинга беломорской популяции гренландского тюленя // Рыбное хозяйство. № 2. С. 86-90.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. 1991. Том II Белое море / Б.Х. Глуховский ред. Л.: Гидрометиздат. 240 с.
- Гренландский тюлень. 2001. Современный статус вида и его роль в функционировании экосистем Белого и Баренцева морей / Г.Г. Матишов ред. Мурманск: ООО МИП-999. 220 с.
- Добровольский А.Д., Залогин Б.С. 1982. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ. 192 с.
- Дорофеев С.В. 1939. Влияние ледовых условий на поведение гренландского тюленя // Зоологический журнал. Т. 18. Вып. 5. С. 748-761.
- Дорофеев С.В. 1951. Беломорский тюлень-лысун (Промысловая биология). М.: Пищепромиздат. 44 с.
- Дорофеев С.В. 1960. Основные черты годового цикла жизни беломорского лысуна // Советские рыбохозяйственные исследования в морях Европейского Севера. М.: Наука. С. 443-455.
- Егоров С.А., Забавников В.Б., Шафилов И.Н. 2010. Результаты учётных авиаисследований гренландского тюленя беломорской популяции (*Pagophilus groenlandicus*), выполненные ПИНРО в 2008-2009 гг. // Морские млекопитающие Голарктики. Сб. науч. трудов по материалам VI Межд. конф. Калининград. М: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 193-196.
- Коржев В.А., Забавников В.Б. 2017. Оценка численности гренландского тюленя беломорской популяции в условиях недостатка биологической информации // Труды ВНИРО. Т. 168. С. 105-115

- Коржев В.А., Забавников В.Б., Шафилов И.Н. 2019. Анализ оценки численности гренландского тюленя беломорской популяции (*Pagophilus groenlandicus*) когортными моделями на современном этапе при отсутствии промысла // Морские млекопитающие Голарктики. Сб. науч. трудов по материалам X Межд. конф. Архангельск. М: РОО «Совет по морским млекопитающим». Т. 1. С. 128-136.
- Лукин Л.Р. 2013. Экология пагофильных тюленей Северной Атлантики в период воспроизводства. Екатеринбург: РИО УрО РАН. 156 с.
- Лукин Л.Р., Васильев Л.Ю. 2004. Распределение детных залёжек гренландского тюленя в Белом море в 60-90-х годах XX века // Биология моря. Т. 30. № 4. С. 272-278.
- Лукин Л.Р., Огнетов Г.Н. 2011. Гренландский тюлень: промысел, изменчивость климата, численность запасов // Рыбное хозяйство. № 2. С. 56-60.
- Назаренко Ю.И. 1984. Биология и промысел беломорской популяции гренландского тюленя // Морские млекопитающие. М.: Наука. С. 109-117.
- Огнетов Г.Н. 2008. Гренландский тюлень беломорской популяции: проблемы изученности и оценки состояния запасов // Рыбное хозяйство. № 1. С. 88-90.
- Попов Л.А. 1971 а. Об учёте численности плодоносящих самок гренландского тюленя // Труды ВНИРО. Т. 79. С. 102-105.
- Попов Л.А. 1971 б. О причинах и размерах естественной смертности детенышей гренландского тюленя в период лактации // Труды АтлантНИРО. № 39. С. 100-109.
- Репневский А. 1999. Олезундская зверобойная концессия: проблемы браконьерства и экологии в советско-норвежских отношениях // Размышления о беломорском тюлене: Очерки. Статьи. Документы. Хроника Архангельск: Изд-во Поморского госуниверситета. С. 49-99.
- Светочев В.Н., Светочева О.Н. 2009. Экология детенышей гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) в ледовый период в Белом море // ДАН. Т. 425. № 1. С. 131-133.
- Светочев В.Н., Светочева О.Н. 2018. Гренландский тюлень: биология, экология, промысел. Мурманский морской биологический ин-т КНЦ РАН. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 174 с.
- Сидоров Л.К. 2025. Опыт применения цифрового зрения при обработке фотоматериалов авиаучетов морских млекопитающих // Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов: Мат. II межд. науч.-практ. конф. Москва, ФГБНУ «ВНИРО», 18-22 ноября 2024 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 156-159.
- Сидоров Л.К., Бизиков В.А., Рожнов В.В., Шипулин С.В., Кузнецов В.В., Белокобыльский И.Ф., Мякий Н.А., Соловьева М.А., Глазов Д.М., Назаренко Е.А. 2023. Распределение и численность каспийского тюленя на льдах в российской части Северного Каспия в феврале-марте 2023 г. // Труды ВНИРО. Т. 193. С. 82-100.
- Чапский К.К. 1965. Начальный период постнатального роста беломорского лисуна (*Pagophoca groenlandica*) // Морские млекопитающие. М. Наука, С. 138-157.
- Челинцев Н.Г. 2004. Алгоритмы экстраполяции при авиаучётах животных // Бюллетень МОИП. Отд. биол. Т. 109. Вып. 2. С. 3-14.
- Черноок В.И. 2009. Результаты инструментального авиамониторинга беломорской популяции гренландского тюленя в 1998-2008 гг. // Биологические ресурсы белого моря и внутренних водоёмов европейского севера. Мат. 28 Межд. конф. 5-8 октября 2009 г. г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 601-604.
- Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Яковенко М.Я. 1999. Мультиспектральная съёмка гренландского тюленя. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 73 с.
- Черноок В.И., Кузнецов Н.В. 2000. Способ подсчёта тепловых животных с летательного аппарата // Патент на изобретение RU 2193308 C2, 27.11.2002. Заявка № 2000117615/13 от 04.07.2000.
- Черноок В.И., Тимошенко Ю.К., Мейзенхеймер П., Иннес С., Кузнецов Н.В. 2000. Результаты учета численности гренландского тюленя в Белом море в 1998 году. // Морские млекопитающие Голарктики. Мат. Межд. конф. Архангельск. М: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 426-431.
- Черноок В.И., Болтнев А.И. 2008. Регуляторный инструментальный авиамониторинг зафиксировал резкое снижение рождаемости беломорской популяции гренландского тюленя // Сб. науч. трудов по материалам V Межд. конф. Одесса. С. 100-104.
- Шафилов И.Н. 2012. Беломорская популяция гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*): Куда пропал миллион тюленей? // Морские млекопитающие Голарктики. Сб. науч. трудов по материалам VII Межд. конф. Суздаль. М: РОО «Совет по морским млекопитающим». Т. 2. С. 378-381.
- Шафилов И.Н. 2015. Авиаисследования и численность беломорской популяции гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) в 2013 г. // Морские млекопитающие Голарктики. Сб. науч. трудов по материалам VIII Межд. конф. Санкт-Петербург. М: РОО «Совет по морским млекопитающим». Т. 2. 307-313.
- Шафилов И.Н., Забавников В.Б., Егоров С.А., Терещенко В.А., Лисовский А.С., Асютенко В.В. 2006. Результаты авиасъёмок гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) беломорской популяции на ценных и линных залёжках в 2004-2005 гг. // Морские млекопитающие Голарктики. Сб. науч. трудов по материалам IV Межд. конф. Санкт-Петербург. М: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 552-555.
- Шитиков В.К. 2012. Использование рандомизации и бутстрепа при обработке результатов экологических наблюдений // Принципы экологии. Т. 1. № 1. С. 4-24.
- Яковенко М.Я. 1967. Беломорская популяция гренландского тюленя и перспективы ее эксплуатации. // Труды ПИНРО. Вып. 21. С. 6-18.
- ICES. 2023. Report of the Joint ICES/NAFO/NAMMCO Working Group on Harp and Hooded Seals (WGHP). ICES Scientific Reports. 5:96. 75 p. DOI 10.17895/ices.pub.24306100ICES, 2016, 2019

- Potelov V.A., Golikov A.P., Bondarev V.A. 2003. Estimated pup production of harp seals *Pagophilus groenlandicus* in the White Sea, Russia, in 2000 // ICES J Mar Sci 60: P. 1012-1017.
- Sergeant D.E. 1991. Harp seals, man and ice. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 114:153 p.
- Haug T., Biuw M. 2023. Harp Seal *Pagophilus groenlandicus* (Erleben, 1777) In K. Hackländer & F.E. Zachos (Eds.), Handbook of the Mammals of Europe. (pp. 21). Springer Nature Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-65038-8_144-1
- Stenson G.B., Hammill M.O., 2014 Can ice breeding seals adapt to habitat loss in a time of climate change? // ICES J. of Mar. Science, V. 71, Iss. 7. P. 1977-1986. DOI 10.1093/icesjms/fsu074
- Stenson G.B., Haug T., Hammill M.O. 2020 Harp seals: monitors of change in differing ecosystems. // Frontiers in Marine Science. V.7. Article 569258. DOI 10.3389/fmars.2020.569258
- REFERENCES**
- Baklagin V.N. 2018. Study of the ice regime of the white sea by satellite data of NSIDC // Proceedings of the Intern. Conf. «InterCarto. InterGIS». 24(2): P. 40-45. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Belyaev V.A., Chernook V.I., Sidorov L.K., Shipulin S.V., Kuznetsov V.V., Vasiliev A.N., Skolsky V.A., Klimov F.V., Marabaev E.N., Erbulekov S.T., Kuanyshev E.K. 2021 a. Estimation of abundance of the Caspian seal basing on the results of aviation surveys of the seal ice rookery in the Northern Caspian in 2012, 2020 and 2021 // Use and protection of Russia's natural resources. No. 4. P. 81-93. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Peterfeld V.A., Chernook V.I., Kuznetsov N.V., Petrov E.A., Bobkov A.I., Tkachev V.V., Sidorov L.K., Boltnev E.A. 2021 b. Methodological recommendations for the accounting of the Baikal seal (*Pusa sibirica*) offspring using unmanned aerial vehicles in the Baikal fishery basin. Moscow: VNIRO Publish. 56 p. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Sabirov M.A., Sidorov L.K., Lukina Ju.N. 2022 a. Abundance and distribution of the Ladoga ringed seals in anomaly warm winter 2020: results of the aerial survey using drones // Trudy VNIRO. V. 190. P. 79-94. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Sidorov L.K., Peterfeld V.A., Boltnev E.A. 2022 b. The use of unmanned aerial vehicles for estimation of Baikal seals population // Biological diversity: study, conservation, restoration, rational use. Kerch, September 13-18, 2022. Mat. of the III Intern. Scient. and Pract. Conf. Simferopol: LLC Typography Arial. P. 108-113. (In Russ.)
- Gaydenok N.D., Makarevich P.R., Ognetrov G.N. 2012 a. Analysis of monitoring results for the White Sea harp seal population // Rybnoe hozyajstvo. № 3. P. 50-53 (In Russ.)
- Gaydenok N.D., Makarevich P.R., Ognetrov G.N., Chmarkova G.M. 2012 b. Analysis of monitoring results for the White Sea harp seal population // Rybnoe hozyajstvo № 2. P. 86-90 (In Russ.)
- Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. 1991. Volume II White Sea / B.Kh. Glukhovskiy ed. Leningrad: Gidrometizdat. 240 p. (In Russ.)
- Harp seal. 2001. Current status of the species and its role in the functioning of the ecosystems of the White and Barents Seas / G.G. Matishov ed. Murmansk: LLC MIP-999. 220 p. (In Russ.).
- Dobrovolsky A.D., Zalogin B.S. 1982. Seas of the USSR. Moscow: MSU Publish. 192 p. (In Russ.)
- Dorofeev S.V. 1939. The influence of ice conditions on the behavior of the harp seal // Zoologicheskij Zhurnal. V. 18. Iss. 5. P. 748-761. (In Russ.).
- Dorofeev S.V. 1951. White Sea Harp seal (Commercial Biology). Moscow: Pishchepromizdat. 44 p. (In Russ.).
- Dorofeev S.V. 1960. Main features of the annual life cycle of the White Sea harp seal // Soviet fishery research in the seas of the European North. Moscow: Nauka, pp. 443-455. (In Russ.).
- Egorov S.A., Zabavnikov V.B., Shafikov I.N., 2010 Results of the White/Barents seas harp seal (*Phoca groenlandica*) aerial survey carried out by PINRO // Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Sixth Intern. Conf. Kaliningrad. M: RPO "Marine Mammal Council". P. 193-196.
- Zhilinsky A.A. 1957. The hunting industry in the White Sea. Petrozavodsk: State Publishing House of the Karelian ASSR, 54 p. (In Russ.)
- Korzhev V.A., Zabavnikov V.B., 2017. Estimation of the White sea harp seal population abundance by biological information lack // Trudy VNIRO. V. 168. P. 105-116. (In Russ.)
- Korzhev V.A., Zabavnikov V.B., Shafikov I.N. 2019. Analysis of estimation of the current White Sea harp seal (*Pagophilus groenlandicus*) population abundance in the absence of hunting pressure, using cohort models // Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Tenth Intern. Conf. Arkhangelsk. M: RPO "Marine Mammal Council". Vol. 1. P. 128-136.
- Lukin L.R., 2013. Ecology of pagophilic seals of the North Atlantic during the reproduction period. Ekaterinburg: RIO UB RAS, – 156 p. (In Russ.)
- Lukin L.R., Vasilyev L.Yu. 2004. Distribution of harp seal whelping grounds in the White Sea in the 1960s-1990s // Marine Biology, Vol. 30, No. 4, P. 272-278. (In Russ.)
- Lukin L.R., Ognetrov G.N. 2011. The White Sea harp seal: exploitation, climatic variability, and abundance // The Fisheries journal № 2. P. 56-60 (In Russ.)
- Nazarenko Yu.I. 1984. Biology and trade of the White Sea population of the harp seal // Marine mammals. Moscow: Nauka. P. 109-117.
- Ognetrov G.N. 2008. The White Sea population of harp seal: the problem of study and stock assessment // Rybnoe hozyajstvo № 1. P. 88-90 (In Russ.)
- Popov L.A. 1971 a. On the estimation of the number of fertile female Greenland seals // Trudy VNIRO. V. 79. P. 102-105. (In Russ.)

- Popov L.A. 1971 b. On the causes and extent of natural mortality of harp seal pups during lactation // Trudy AtlantNIRO. Kaliningrad, No. 39. P. 100-109.
- Repnevsky A. 1999 The Olesund seal-hunting concession: poaching problems in Soviet-Norwegian relations // Reflections on the White Sea seal: Essays. Articles. Documents. Chronicle Arkhangelsk: Publishing house of the Pomor State University. P. 49-99. (In Russ.)
- Svetochev V.N., Svetocheva O.N., 2009. Ecology of harp seal (*Phoca groenlandica*) pups on ises in the White Sea // Doklady biological science V. 425. № 1. P. 131-133. (In Russ.)
- Svetochev V.N., Svetocheva O.N., 2018 The harp seal: biology, ecology, harvesting. Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS. Apatity: Kola SC RAS. 174 p. (In Russ.)
- Sidorov L.K. 2025. Experience of using digital vision in processing photographic materials of aerial surveys of marine mammals // Modern methods of assessment and rational use of aquatic biological resources. Abstr. of the intern. scient. and pract. conf., Moscow, November 18-22, 2024. Moscow: VNIRO Publish. P. 156-159. (In Russ.)
- Sidorov L.K., Bizikov V.A., Rozhnov V.V., Shipulin S.V., Kuznetsov V.V., Belokobylsky I.F., Myagkiy N.A., Solovyeva M.A., Glazov D.M., Nazarenko Y.A. 2023 Abundance and distribution of the Caspian seals on ice in the Russian part of the Northern Caspian in February – March 2023 // Trudy VNIRO. V. 193. P. 82-100. (In Russ.)
- Chapsky K.K. 1965. Initial period of postnatal growth of the harp seal (*Pagophoca groenlandica*) // Marine mammals. Moscow: Nauka, pp. 138-157. (In Russ.)
- Chelintsev N.G. 2004. Extrapolation algorithms for aerial surveys of animals // Bul. MOIP. Dep. biol. V.109. Iss. 2. P. 3-14. (In Russ.)
- Chernook V.I. 2009. Results of instrumental aerial monitoring of the White Sea population of harp seals in 1998-2008 // Biological resources of the White Sea and inland waters of European northc. Proc. of the 27 intern. conf. October, 5-8, 2009 Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia Republic of Karelia, Russia. Petrozavodsk: KRC RAS (In Russ.)
- Chernook V.I., Kuznetsov N.V., Yakovenko M.Ya. 1999. Multispectral survey of the harp seal. Murmansk: PINRO Publish. 73 p. (In Russ.)
- Chernook V.I., Kuznetsov N.V. 2000. Method for counting of hot-blooded animals from aircraft // Patent for invention RU 2193308 C2, 27.11.2002. Application No. 2000117615/13 dated 04.07.2000.
- Chernook V.I., Timoshenko Yu.K., Meisenheimer P., Innes S., Kuznetsov N.V. 2000. Results of the harp seal census in the White Sea in 1998. Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Intern. Conf. Arkhangelsk. Moscow: RPO «Marine Mammal Council». P. 426-431.
- Chernook V.I., Boltnev A.I. 2008. Regular instrumental aerial surveys detect a sharp drop in the birthrates of the harp seal in the White Sea // Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Fifth Intern. Conf. Odessa. Moscow: RPO «Marine Mammal Council». P. 100-104.
- Shafikov I.N. 2012 The White Sea harp seal population: Where one million seals have been lost? // Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Seventh Intern. Conf. Suzdal. Moscow: RPO «Marine Mammal Council». Vol. 1. P. 378-381.
- Shafikov I.N. 2015. Aerial research and White Sea Greenland seal (*Phoca groenlandica*) population abundance in 2013 // Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Eighth Intern. Conf. Saint-Petersburg. Moscow: RPO «Marine Mammal Council». Vol. 2. P. 307-313.
- Shafikov I.N., Zabavnikov V.B., Egorov S.A., Tereshchenko V.A., Lisovsky A.S., Asyutenko V.V. 2006. Results of aerial survey of the White Sea harp seal (*Phoca groenlandica*) population on the whelping and molting patches in 2004-2005 // Marine Mammals of the Holarctic. Coll. Papers of the Fourth Intern. Conf. Saint-Petersburg. Moscow: RPO «Marine Mammal Council». P. 552-555.
- Shitikov V.K. 2012 Use of randomization and bootstrep at processing of result of ecological observations // Principles of Ecology. 2012. Vol. 1. No. 1. P. 4-24. (In Russ.)
- Yakovenko M.Ya. 1967 The White Sea population of the harp seal and prospects for their fishing // Trudy PINRO. Research of marine mammals. Iss. 21. P. 6-18. (In Russ.)
- ICES. 2023. Report of the Joint ICES/NAFO/NAMMCO Working Group on Harp and Hooded Seals (WGHARP). ICES Scientific Reports. 5:96. 75 p. DOI 10.17895/ices.pub.24306100ICES, 2016, 2019
- Potelov V.A., Golikov A.P., Bondarev V.A. 2003. Estimated pup production of harp seals *Pagophilus groenlandicus* in the White Sea, Russia, in 2000 // ICES J Mar Sci 60: P. 1012-1017.
- Sergeant D.E. 1991. Harp seals, man and ice. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 114:153 p.
- Haug T., Biuw M. 2023. Harp Seal *Pagophilus groenlandicus* (Erxleben, 1777) In K. Hackländer & F.E. Zachos (Eds.), Handbook of the Mammals of Europe. (pp. 21). Springer Nature Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-65038-8_144-1
- Stenson G.B., Hammill M.O., 2014 Can ice breeding seals adapt to habitat loss in a time of climate change? // ICES J. of Mar. Science, V. 71, Iss. 7. P. 1977-1986. DOI 10.1093/icesjms/fsu074
- Stenson G.B., Haug T., Hammill M.O. 2020 Harp seals: monitors of change in differing ecosystems. // Frontiers in Marine Science. V.7. Article 569258. DOI 10.3389/fmars.2020.569258

Поступила в редакцию 16.12.2024 г.
Принята после рецензии 14.01.2025 г.