

Алтухов А.В.¹, Крюкова Н.В.¹, Скоробогатов Д.О.¹, Загребельный С.В.², Кочнев А.А.⁴, Чакилев М.В.³,
Бурканов В.Н.^{1,5}

Сравнение результатов оценки численности моржа (*Odobenus rosmarus*) на лежбищах с помощью различных методов

1. Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, Россия
 2. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ ВНИРО), Москва, Россия
 3. Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), Чукотское отделение (ЧукотНИО), Анадырь, Россия
 4. Институт биологических проблем Севера ДВО РАН (ИБПС ДВО РАН), Магадан, Россия
 5. Лаборатория морских млекопитающих, Аляскинский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, НОАА, Сиэтл, США
-

Altukhov A.V.¹, Kryukova N.V.¹, Skorobogatov D.O.¹, Zagrebely S.V.², Kochnev A.A.⁴, Chackilev M.V.³,
Burkanov V.N.^{1,5}

A comparison of different methods to estimate walrus (*Odobenus rosmarus*) abundance on haulout sites

1. Kamchatka Branch of the Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
2. Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia
3. Pacific Branch of the Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO) – TINRO, Chukotka department (ChukotNIO), Anadyr, Russia
4. Institute of Biological Problems of the North, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia
5. Marine Mammal Laboratory, Alaska Fisheries Science Center, NOAA, Seattle, USA

DOI: 10.35267/978-5-9904294-7-5-2020-1-24-32

ВВЕДЕНИЕ. В летне-осенний период моржи (*Odobenus rosmarus*) выходят на берег и формируют лежбища. Многие лежбища располагаются на песчаных или галечных косах, вдали от каких-либо возвышенностей, что сильно затрудняет подсчет животных на берегу. Существуют несколько методических подходов учета моржей на лежбищах. Наиболее часто применяется визуальный поголовный подсчет животных с каких-либо возвышенностей и расчет численности по площади, занимаемой животными на лежбище (Крылов, 1966). Чаще он используется в модифицированном виде (визуальный учет с экстраполяцией), когда, например, на лежбище подсчитывается 10 или 100 моржей и глазомерно оценивается занимаемая ими площадь, эта площадь экстраполируется на другие части лежбища с похожей плотностью залегания, и, таким образом, получается расчетная цифра количества моржей на всем лежбище. Таким же образом подсчитываются моржи и на плаву около лежбища (Кочнев, 2015). Другой визуальный метод расчета численности заключается в разделении территории, занимаемой моржами, на правильные геометрические фигуры и подсчете зверей по линии основания и высоты фигуры расчетом численности с использованием формулы

INTRODUCTION. In summer and autumn, walruses (*Odobenus rosmarus*) haul out on shore. Many of their haulout sites are located on sandy or pebbly spits away from any natural elevations, which makes it difficult to count animals on shore. There are several methodological approaches to counting walruses at haulout sites. The most commonly used approach is a visual count of animals from any available elevation, and estimation of their number based on the area occupied by them on the site (Krylov, 1966). This approach is usually applied in a modified form (visual counts with extrapolation): for example, an observer visually estimates an area occupied by 10 or 100 walruses and then extrapolates it to the other parts of the site with a similar density. Walruses swimming in the water near the site are counted in a similar way (Kochnev, 2015). Another visual method of abundance estimation consists in dividing the area occupied by walruses into regular geometric shapes and counting animals along the base and height lines of the shapes. The number of walruses in a given geometric shape is estimated using special formulas calculating the area size (Kochnev, 2015). In reports and publications, values of abundance estimated by

для расчета площади данной геометрической фигуры (Кочнев, 2015). В отчетах и публикациях численность, определенная такими способами, как правило, приводится в круглых цифрах сотен или тысяч особей (Кочнев, 1991).

Площадная методика учета численности заключается в измерении или оценке общей площади, занимаемой моржами на лежбище, и перемножении ее на определенную константу - площадь, занимаемую одним моржом (Крылов, 1966; Кибальчич, 1978; Смирнов, 1988; Чугунков, 1991; Кочнев, 2015). Однако в действительности эта константа не является универсальной. Сами авторы отмечают, что она варьирует от 1,0 до 7,4 кв. м, и какая цифра в этом пределе будет использована для расчета численности, зависит от субъективного предпочтения или опыта наблюдателя. Существенным недостатком всех без исключения традиционных методов учета моржа является объективная трудность в определении величины ошибки расчета численности. В подавляющем большинстве случаев исследователи не оценивают и не приводят ее в своих отчетах и публикациях. Помимо этого, зачастую оценка числа животных на крупных лежбищах, располагающихся на меняющемся ландшафте, строится на комбинировании различных методов учета на разных участках лежбища, что еще более усложняет оценку достоверности расчета численности. В последние годы для учетов стала активно применяться фотосъемка лежбища с возвышенных мест с последующим подсчетом животных на фотографиях (Томилин, Кибальчич, 1975). Несмотря на хорошую протокольность этого метода, на некоторых лежбищах он не может быть объективно использован из-за отсутствия возвышений, с которых фотографии могут быть сделаны, или скрытости некоторых участков для обзора.

Альтернативой таким традиционным методам учета моржа являются учеты с использованием аэрофотографий, полученных с помощью малых беспилотных летательных аппаратов. Преимуществами данного метода являются фиксация динамических событий жизни лежбища и, как следствие, возможность повторного подсчета животных на одних и тех же фотографиях несколькими наблюдателями. Это позволяет легко оценить ошибку учета. Использование вертикальных фотографий также значительно снижает вероятность занижения оценки в результате перекрытия моржей друг другом, чего невозможно полностью избежать при съемке под углом с поверхности земли. Но учеты животных на фотографиях могут быть трудоемкими, особенно на лежбищах, где залегают десятки тысяч

such methods are usually rounded to hundreds or thousands of individuals (Kochnev, 1991).

Another method is measuring or estimating the total area occupied by walrus on a haulout site and then multiplying it by a specific constant, which is the area occupied by one walrus (Krylov, 1966; Kibalchich, 1978; Smirnov, 1988; Chugunkov, 1991; Kochnev, 2015). However, this constant is not actually uniform. As the authors state, it may vary from 1.0 to 7.4 m², and the value within this range to be used for calculations will depend on observer's subjective preferences or personal experience. A significant disadvantage of all the traditional methods is the difficulty to determine the possible bias and confidence intervals for the estimates obtained. In the overwhelming majority of studies, researchers either do not calculate or do not report these parameters in their publications. In addition, an estimate of the total number of walrus at large haulout sites formed on a variable terrain is often based on a combination of different methods applied to different parts of the site, which even further complicates evaluation of estimation accuracy. In recent years, photography of walrus haulout sites from elevated places with subsequent counting of animals in images (Tomilin, Kibalchich, 1975) has been actively introduced in surveys. Despite good protocols obtained by this method, it cannot be objectively used for some haulout sites due to the lack of elevations from which photographs can be taken or due to the terrain elements that hide parts of the site.

An alternative to such traditional methods is the use of aerial photography of haulout sites from small unmanned aircrafts. The advantage of this method is the opportunity to record dynamic events of walrus' activity on the site, and to process the obtained images by several observers, which provides more accurate abundance estimates. The use of the aerial photography also reduces the likelihood of underestimation of abundance because of walrus' shielding one another; this problem cannot be avoided when taking images from the ground level. However, counting walrus in photographs is labor intensive, especially for large haulouts where dozens of thousands of animals may be present at a time. The ability of georeference and alignment of aerial photographs using geolocation techniques makes it possible to obtain relatively precise photographic maps of haulout sites that allows calculation of the area occupied by walrus. Accurate measurement of the area occupied by different age/sex groups of animals in various parts of the haulout site facilitates

зверей. Возможность привязки и выравнивания аэрофотографий с использованием геолокационных методов позволяет получить относительно точные карты залегания животных, что дает возможность достаточно объективной инструментальной оценки площади лежбища, занимаемой моржами. Возможность точного определения площади залегания разных групп животных в разных частях лежбища позволяет оценить общую численность моржей на всем лежбище, экстраполируя зависимость числа зверей от площади залегания на общую площадь, занятую животными на лежбище. При этом отпадает необходимость использования фиксированных коэффициентов площади, занимаемой одним моржом на разных участках с разной плотностью залегания, а зависимость числа моржей от площади и сама площадь оцениваются с включением ошибок определения.

Используя аэрофотографии лежбищ моржей, мы смоделировали зависимость числа моржей от занимаемой площади на лежбищах с различными типами покрытия (песчаный пляж, скалистый берег, плато, прибрежная мелководная часть лежбища). На основании параметрического описания данных зависимостей и оценки площади, занимаемой моржами, мы экстраполировали численность моржей для лежбища, расположенного у поселка Ванкарем. На этом же лежбище численность моржей независимо определяли как с использованием традиционных визуальных методов, так и с помощью поголовного подсчета животных на аэрофотографиях. Используя результаты каждой из этих оценок, мы сравнили различия между разными методами подсчета количества моржей на лежбище в одни и те же временные периоды.

МЕТОДЫ. В анализ включены данные, собранные на 3-х лежбищах моржей в период с 31 августа по 19 октября 2017 г.: мыс Ванкарем, мыс Сердце-Камень и бухта Кэнискин (расположена в 4 км южнее мыса Сердце-Камень).

Аэрофотосъемка на лежбищах моржей осуществлялась с помощью малого беспилотного летательного аппарата «Фантом 4» и «Фантом 4 Про» производства корпорации DJI. Полеты над лежбищами осуществляли регулярно на высоте 60-70 м. На лежбище у мыса Ванкарем полеты осуществляли в период с 3 сентября по 24 октября. Всего здесь было выполнено 40 полетов. Параллельно и независимо от аэрофотосъемки на лежбище проводились учеты численности моржа традиционными методами учета в период с 31 августа по 24 октября. Всего было сделано 46 учетов традиционными методиками. На лежбище у мыса Сердце-Ка-

estimation of the total number of walruses throughout the site by extrapolating the number–area relationship to the total area occupied by the animals on the site. Moreover, it is no longer necessary to use the fixed coefficients of the area occupied by one walrus for different parts of the site with different densities of animals; the relationship between the number of walruses and the area, as well as the area itself, is estimated taking into account the estimation uncertainty.

Using a set of aerial photographs, we modeled a relationship between the walrus numbers and the occupied area of haulout sites with different topographies (sandy beach, rocky shore, flat plateau, and coastal shallow-water part of site). Based on a parametric description of these relationships and an estimate of an area occupied by walruses on land, we extrapolated the number of walruses for the haulout site located at Cape Vankarem. The walrus abundance on this site was determined using the traditional visual counting methods and the method of total counting in aerial images independently of each other. Using the results of each of these estimation approaches, we compared the differences between the methods of counting walruses on haulout sites within the same time periods.

METHODS. The analysis was based on data collected at three walrus haulout sites from August 31 to October 19, 2017: Cape Vankarem, Cape Serdtse-Kamen, and Keniskin Bay (located 4 km south of Cape Serdtse-Kamen).

Aerial photography was carried out using small unmanned aircrafts “Phantom 4” and “Phantom 4 Pro” (DJI, China). Flights over the haulout sites were made regularly at an altitude of 60–70 m. A total of 40 flights were made at the Cape Vankarem site from September 3 to October 24. The walrus abundance surveys by the traditional visual counting methods were conducted at the site independently of and along with the aerial surveys between August 31 and October 24 (46 surveys using the traditional methods). At Cape Serdtse-Kamen, flights were carried out from September 11 to October 9 (11 flights); in Keniskin Bay, from September 26 to October 19 (14 flights). The obtained high-resolution aerial photographs were used to compose orthogonal maps of animal distribution referenced to geographic coordinates. Projection maps were generated and referenced to coordinates using the PhotoScan software (Agisoft, Russia).

мень полеты осуществляли в период с 11 сентября по 9 октября (11 полетов), а в бухте Кэнискин - с 26 сентября по 19 октября (14 полетов). Полученные аэрофотографии высокого разрешения были использованы для создания ортогональных карт распределения животных с привязкой к фактическим географическим координатам. Создание проекционных карт и привязка к координатам была проведена с помощью программы ФотоСкан, компании Агисофт.

На лежбище мыса Ванкарем для всех полетов был выполнен поголовный учет по аэрофотографиям. Поголовный учет на лежбище бухты Кэнискин был выполнен в день максимального заполнения лежбища (18 октября). На мысе Сердце-Камень поголовные учеты были выполнены для 4-х полетов. Для оценки ошибки поголовного учета он повторно был выполнен разными наблюдателями для 5 полетов на лежбище Ванкарем (3 наблюдателя), в бухте Кэнискин (4 наблюдателя, в день максимального заполнения), мысе Сердце-Камень (2 наблюдателя на всех 4-х полетах). Всего для анализа было использовано 32 ортофотоплана лежбищ: 20 для мыса Ванкарем, 8 для мыса Сердце-Камень и 14 для бухты Кэнискин.

Данные поголовного учета разными наблюдателями были использованы для оценки зависимости числа моржей от площади, на которой они находились: в прибрежной акватории (на плаву), в прибрежной мелководной приливно-отливной зоне у лежбища и непосредственно на суше. Для этого на ортофотоплане в каждой зоне лежбища выделяли учетные сегменты (области присутствия моржей). В каждом выбранном случайном сегменте ($n > 20$) лежбища определяли количество моржей на основании поголовного подсчета и занимаемую моржами площадь. Полученные данные впоследствии использовали для моделирования зависимостей. Для параметрической оценки зависимости числа животных от площади учетного полигона мы использовали смешанные линейные модели с включением случайных компонентов. Выбор модели осуществляли в два этапа. На первом этапе был выбран оптимальный набор параметров для случайного компонента модели. Лучшая модель была выбрана с помощью AIC критерия, определенного на основе метода максимального правдоподобия с дополнительными ограничениями (REML) для различных комбинаций параметров случайного компонента смешанной модели. В качестве группирующего параметра, определяющего случайное пересечение линейной функции с осью ординат, был выбран наблюдатель. В качестве случайных параметров, определяющих наклон линейной функции, были выбраны

At Cape Vankarem, total counts using aerial images were performed for all flights. For the Keniskin Bay site, a total count was done on the day of maximum abundance (October 18). At Cape Serdtse-Kamen, walrus were counted in images taken during four flights. In order to estimate the uncertainty bias from observers, image-based counts were repeated by different observers for all the sites: Cape Vankarem (5 flights by 3 observers), Keniskin Bay (4 observers, on the day of maximum occupancy), and Cape Serdtse Kamen (4 flights by 2 observers). A total of 32 orthophotoplans of walrus haulout sites were included in the analysis: 20 for Cape Vankarem, 8 for Cape Serdtse-Kamen, and 14 for Keniskin Bay.

The results of total counts by all observers were used to estimate the relationship between the number of walrus and the area they occupied: in the nearshore area (afloat), in the tidal zone near the haulout site; and immediately on shore. In each haulout zone on the orthophotoplan we identified the counting segments (areas occupied by walrus). For each of the randomly selected segments ($n > 20$) we counted the number of walrus and estimated the area occupied by them for each flight. The resulting data frame was then used to model the parametric relationships between the number of animals and the area occupied by them based on linear models with mixed effects. Model selection included two stages. At the first stage, an optimal set of parameters was chosen for the random component of the model. The best model was chosen using the AIC value determined by the restricted maximum likelihood method (REML) for combinations of parameters. An observer was chosen as a grouping parameter determining the random intersection of the linear function with the Y-axis. The area of the polygon, the location of the polygon on the haulout site, and different sites were chosen as random parameters determining the slope of the linear function. The lowest value of AIC was attributed to the model that contained only observer as a grouping factor for the random component of the model. At the second stage, using the maximum likelihood method (ML), a fixed component of the mixed model was chosen. The best resulting model included the parameters describing variations in the number of walrus by the area of presence independently for each of the considered haulout sites on shore and in the coastal zone. A pattern of relationship of the number of walrus with the area, similar between the haulout sites, was found in the nearshore area adjacent to the site; only one parameter described the relationship for all the sites. To predict walrus numbers, the selected

площадь полигона и расположение полигона на лежбище и разные лежбища. Наименьшее значение АИС критерия было для модели, содержащей наблюдателя как группирующего фактора случайного компонента модели. На втором этапе с использованием метода максимального правдоподобия (ML) был выбран фиксированный компонент смешанной модели. Лучшая итоговая модель включала параметры, описывающие изменения числа моржей от площади области присутствия независимо для каждого из рассмотренных лежбищ на суше и в прибрежной зоне. Схожий между лежбищами характер зависимости числа моржей от площади был обнаружен в акватории, прилегающей к лежбищу, и эта зависимость описывалась одним параметром для всех лежбищ. Для предсказания численности моржей параметры лучшей модели были заново оценены с использованием метода REML. Доверительные интервалы были рассчитаны с использованием множественных симуляций параметров модели на основании ковариационной матрицы.

Сравнения результатов всех трех подходов определения численности моржа на лежбищах – прямого поголового визуального подсчета моржей на ортофотопланах, оценки предсказаний численности с помощью модели и данных, полученных традиционными методами учета моржа, – были сделаны только для мыса Ванкарем. На нем учеты моржа традиционными способами проводились независимо от результатов, получаемых с помощью дрона, т. к. наблюдатель, выполнявший эту работу, не имел доступа к фотографиям и данным учета животных, полученным с помощью аэрофотосъемки. Учеты моржа традиционными методами также выполнялись и на мысе Сердце-Камень, и в бухте Кэнискин. Тем не менее мы не использовали эти данные в сравнительном анализе, так как аэрофотосъемку и визуальный подсчет традиционными методами проводили одни и те же наблюдатели, которые имели неограниченный доступ к обоим типам данных, что могло повлиять на субъективную оценку и смещать результаты визуальных учетов.

Для визуальной оценки общей численности моржей на лежбище Ванкарем использовали несколько методик в зависимости от ежедневного местоположения моржей и рельефа лежбища: прямой визуальный подсчет, оценка путем визуальной экстраполяции, площадной расчет и учет на панорамных фотографиях, снятых с ближайшей возвышенности. В некоторые дни использовалась и экспертная оценка общей численности моржей на всем лежбище, основанная на количестве моржей, залегающих в предыдущие дни (Загребельный и др., 2019).

parameters of the best model were re-fitted using the REML method. Confidence intervals were calculated using multiple simulations of the model parameters based on the covariance matrix.

We compared results of all three approaches to walrus number determination (direct visual counts in aerial images, model-based estimation of predicted number, and data obtained by the traditional visual counting methods) only for the Cape Vankarem site. At this site, walrus counts by traditional visual methods were carried out independently of the results obtained using a drone, since the observer who performed visual counts did not have access to photographs and data on animals' abundance. Walrus surveys by traditional methods were also performed at Cape Serdtse-Kamen and in Keniskin Bay. We, however, did not include these data in the comparative analysis, as both the aerial photography and the visual counting by traditional methods were carried out by the same observers who had an unlimited access to both types of data which could bias their subjective estimation and impact the results of the visual surveys.

Several methods were used to visually estimate the total number of walruses at the Cape Vankarem site. The selected method depended on the daily location of walruses and the topography of haulout site: direct visual counting; estimation by visual extrapolation; estimation based on area and density index; and counting in panoramic photographs taken from the nearest elevated place. On some days, we used an expert estimate of the total number of walruses on the entire site, based on the number of walruses in previous days (Zagrebely et al., 2019, this collection).

The differences between the survey methods were assessed using linear regression models. The error of discrepancy between model predictions and the values obtained by different counting methods (traditional visual counts and total counts in aerial images) was estimated using multiple generation of prediction samples by the Monte Carlo method and by comparing the samples to the actual counting values.

RESULTS. Size of the area occupied by walruses has a very strong linear relationship with their numbers. Among all the models considered, the best one was the model describing the relationship of the number of walruses with the area they occupied for each of the sites independently. This indicates that the density of walruses varied between the sites in our study. The highest density (the steepest slope of the regression line) was found at the site in Keniskin Bay;

Различия между методами учета оценили с помощью линейных регрессионных моделей. Ошибка оценки расхождений между значениями, предсказанными с помощью проекционной модели, и значениями, полученными различными методами учета (учет традиционными методами и поголовный пересчет по фотографиям), была определена с помощью многократной генерации выборок предсказаний методом Монте-Карло и сравнением выборок с фактическими учетными значениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Размер площади, занимаемой моржами, имеет хорошо выраженную линейную зависимость от количества моржей. Среди всех рассмотренных моделей лучшей была модель, описывающая зависимость количества моржей от занимаемой ими площади для каждого из лежбищ независимо. Это свидетельствует о том, что плотность залегания моржей различалась между исследуемыми лежбищами. Наибольшая плотность залегания (наиболее крутой угол наклона линии регрессии) была на лежбище в бухте Кэнискин, минимальная была на близлежащем от него лежбище на мысе Сердце-Камень. На мысе Ванкарем наблюдались промежуточные значения плотности (Рис. 1).

the minimum density was at Cape Serdtse Kamen. Intermediate density values were observed at Cape Vankarem (Fig. 1).

The relationship of the walrus numbers with the area in the tidal zone was significantly lower than that on shore and also varied between the sites. More walruses per unit area were recorded from the tidal zone of Kaniskin Bay than from the other two sites. At the same time, no differences in the density of animals swimming in the water were found between the sites (Fig. 1). The values predicted by the model were in agreement with the counts in aerial images (Fig. 2). Nevertheless, the results of total counts were slightly higher (no more than 6%) than the model predictions (Fig. 3). Despite this fact, the values obtained by the two methods were within the 95% confidence interval, i.e. within counting errors of both methods. The numbers for walruses on the haulout sites obtained by the traditional visual methods, including counting in photographs taken from on-shore elevations, proved to be largely underestimated (Fig. 2). The discrepancy between this type of counts and the other two approaches reaches 30% (Fig. 3).

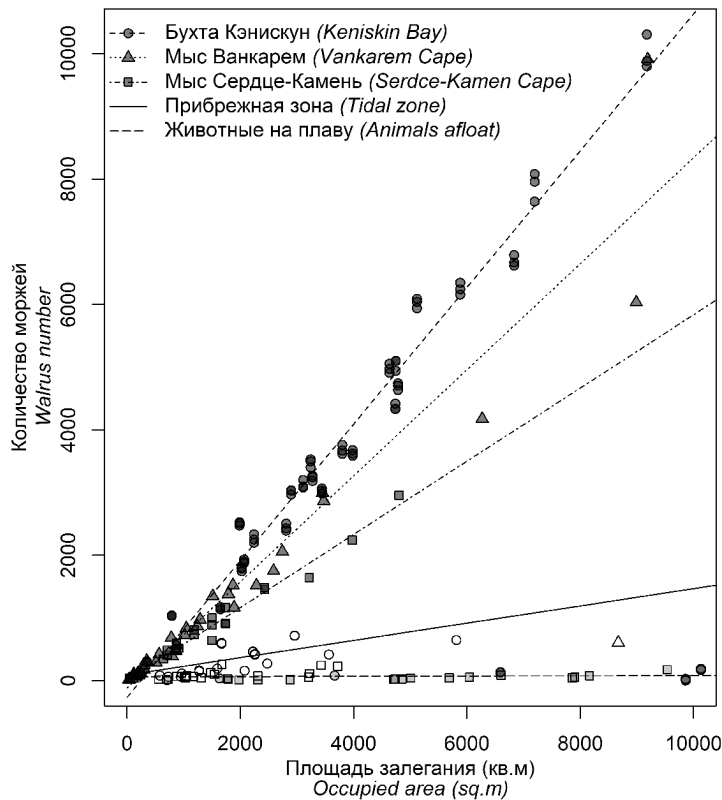


Рис. 1. Зависимость численности моржей от занимаемой ими площади на различных лежбищах. Символы без заштриховки соответствуют прибрежной зоне, символы с серым заштрихованием – животные на плаву, символы с темным заштрихованием – животные на берегу.

Fig. 1. Relationship between the number of walruses and the area occupied by them at different haulout sites. Blank symbols are for the coastal zone; grey symbols are animals afloat; black symbols are animals on shore.

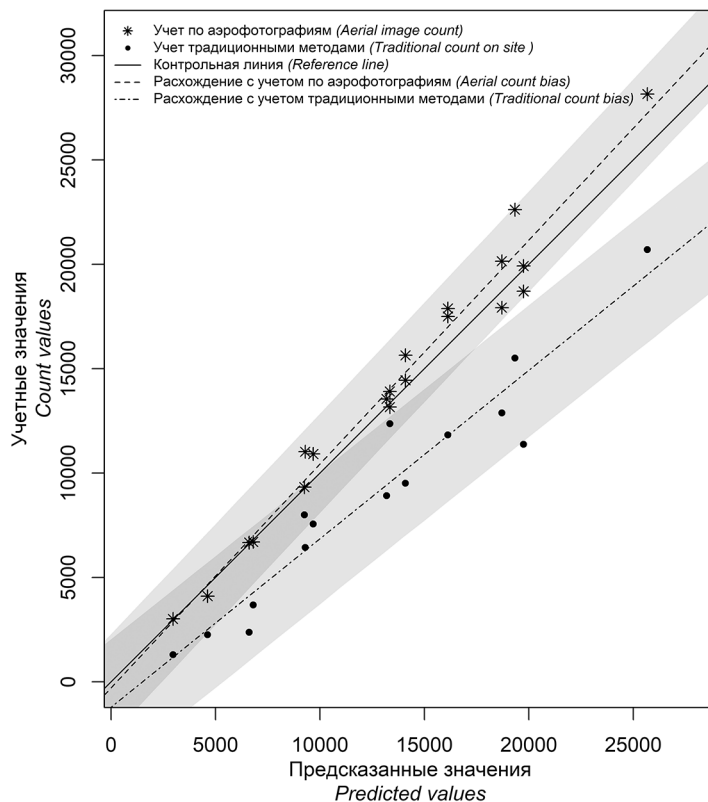


Рис. 2. Оценка расхождений между учетами, выполненными с помощью различных методик и предсказанными с помощью проекционной модели значениями. Затененная область – оценка 95% доверительного интервала расхождений.

Fig. 2. Evaluation of bias levels between the different counting methods and the values predicted by the projection model. The shaded area is the estimate of 95% confidence interval of the bias.

Зависимость числа моржей в прибрежной зоне моря от площади была значительно ниже, чем на берегу и также различалась между лежбищами. Больше моржей на единицу площади было в прибрежной зоне лежбища в бухте Кэнискин, чем на двух других лежбищах. В то же время различий в плотностях животных в акватории на плаву между лежбищами обнаружено не было (Рис. 1). Предсказанные с помощью проекционной модели значения хорошо согласовывались с данными поголовного учета по фотографиям (Рис. 2). Тем не менее результаты поголовного учета были слегка выше (не более 6%), чем предсказания модели (Рис. 3). Несмотря на это, значения, полученные двумя способами, находились в пределах 95%-ного доверительного интервала, т. е. в пределах ошибки учетов. Оценка численности моржа на лежбище с помощью традиционных визуальных методов, включая подсчет по фотографиям, сделанным с возвышенностей берега, оказалась сильно заниженной (Рис. 2). Расхождения между этим типом учета и двумя остальными достигает 30% (Рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Плотность залегания животных на разных лежбищах различается, а также варьирует изо дня в день, и эти изменения должны учитываться каждый раз при использовании различных методов, осно-

CONCLUSION. Density of walrus hauling out onshore varies between different sites (and terrains), and also from day to day. These differences should be taken into account each time when using the methods based on extrapolation of animal density to obtain abundance estimates. The constant coefficient of an area occupied by one walrus on a haulout site, that is traditionally widely applied, is not applicable even for the same site on different days or for different parts of it, and also could not be used for different sites. Therefore, it cannot be used to obtain reliable estimates of walrus numbers onshore, especially on the sites where walrus occupy large areas with various types of terrain. The use of linear regression models based on the data obtained from aerial imagery makes it possible to identify these relationships and estimate walrus numbers with sufficiently high accuracy. The results of such estimates are comparable to direct counts in aerial photographs taken from above, but they take much less time, and the bias in abundance estimates are within the error limits of both methods. The traditional visual methods estimating walrus abundance on haulout sites provide biased results (up to 30% or more) and should not be used for obtaining reliable values of abundance for this species.

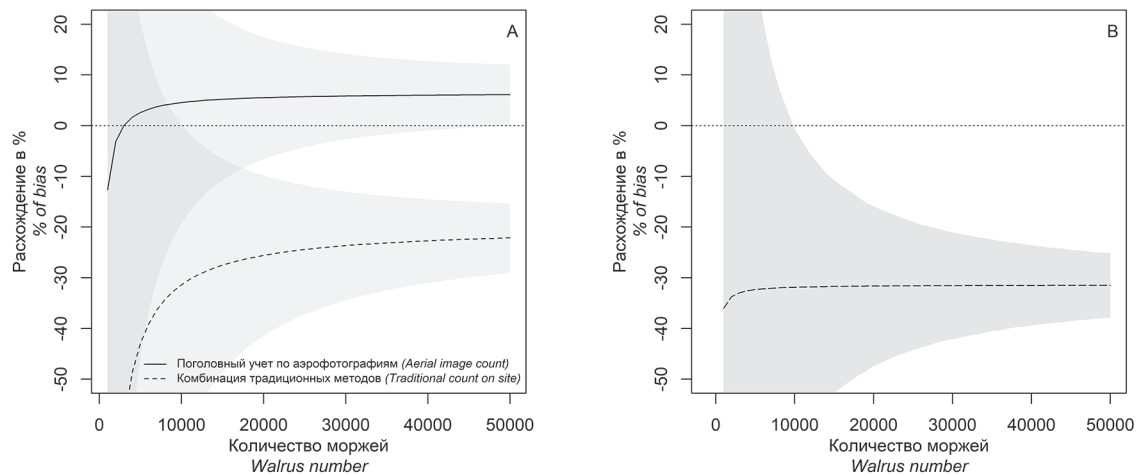


Рис. 3. Процентное расхождение между различными типами учетов в зависимости от размера учитываемой группы животных. Панель А – сравнение расхождения поголовного учета по фотографиям и учета традиционными методиками на лежбище с предсказанными с помощью проекционной модели значениями (0 на оси ординат). Панель Б – сравнение расхождения поголовного учета по фотографиям (0 на оси ординат) и учета традиционными методиками на лежбище. Затененная область – оценка 95% процентного интервала расхождения.

Fig. 3. Percentage of bias between different counting methods depending on the size of the group surveyed. (A) Comparison of the bias between a total count using aerial photographs and the counts by traditional methods with the values predicted by the projection model (0 on Y-axis). (B) Comparison of the bias between a count using aerial images (0 on Y-axis) and the traditional counts on site. The shaded area is the estimate of 95% confidence interval of the bias.

ванных на экстраполяции плотности животных. Коэффициент площади, занимаемой одним моржом на лежбище, широко применяемый при традиционных методах расчета численности на лежбище, в действительности не является универсальным не только для разных лежбищ, но и для одного и того же лежбища, но в разные дни или для разных его участков. Поэтому он не может быть использован для достоверного расчета численности залегающих на берегу моржей, особенно на крупных и разнородных по плотности залегания моржей лежбищах. Использование регрессионных линейных моделей в совокупности с ортофотопланами позволяет определять эти зависимости и оценивать численность моржей с достаточно высокой точностью. Результаты такой оценки сопоставимы с результатами поголовного визуального подсчета на вертикальных аэрофотографиях, при этом требуют значительно меньше времени, а расхождения данных численности находятся в пределах ошибок обоих методов. Традиционные визуальные методики учета моржа на лежбищах дают смещенные оценки (до 30% и более) и не могут быть использованы для достоверной оценки численности этого вида.

Список использованных источников / References

- Кибальчич А.А. 1978. Наблюдения на Аракамчеченском лежбище моржей // Морские млекопитающие. Тезисы докладов 7-го всесоюзного совещания (Симферополь, 20–23 сентября 1978 г.). М. С. 148. [Kibalchich A.A. 1978. Observations on Arakamchechensk walrus haulout. In: Marine Mammals. Proceedings of the 7th All-Union Workshop (Simferopol, September 20–23, 1978), М: 148. IN RUSSIAN]
- Кочнев А.А. 1990. Береговые лежбища моржей на острове Врангеля в 1990 г. // Научно-исследовательские работы по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1989–1990 гг. М. С: ВНИРО. 37–44. [Kochnev A.A. 1990. Walrus haulouts of Wrangel Island in 1990. In: Marine mammal research in the northern Pacific Ocean, 1989–1990, М: VNIRO, p. 37–44. IN RUSSIAN]
- Кочнев А.А. 2015. Факторы, определяющие состояние и динамику популяции тихоокеанского моржа *Odobenus rosmarus divergens* в районе острова Врангеля в XX веке. Диссертация на соискание уч. Ст. кандидата биол. Наук. М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. 184 с. [Kochnev A.A. 2015. Factors influencing status and population dynamics of Pacific walrus, *Odobenus rosmarus divergens*, on Wrangel Island during 20th century. In: Cand. Biol. Sci. Dissertation, М: A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, 184 p. IN RUSSIAN]
- Крылов В.И. 1966. Возрастной и половой состав, плотность залегания тихоокеанского моржа на льдах и береговых лежбищах // Известия ТИНРО. Т. 58. С.97–103. Всесоюзное совещание по изучению морских млекопитающих. Калининград. С. 209-211. [Krylov V.I. 1966. Age and sex composition, density of Pacific walrus on ice and onshore haulout sites. Izvestiya TINRO, 58: 97–103. IN RUSSIAN]
- Смирнов Г.П. 1988. Лежбище моржей на косе Русская Кошка // Научно-исследовательские работы по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1986–1987 гг. М. С.: ВНИРО 115–118. [Smirnov G.P. 1988. Walrus haulout on Russkaya Koshka sandbank. In: Marine mammal research in the northern Pacific Ocean, 1986–1987, М: VNIRO, p. 115–118. IN RUSSIAN]
- Томилин А.Г., Кибальчич А.А. 1975. Моржи района острова Врангеля // Зоол. журн. Т. 54. № 2. С. 266–272. [Tomilin A.G., Kibalchich A.A., 1975. Walruses of Wrangel Island. Zoologichesky Zhurnal, 54(2): 266–272. IN RUSSIAN]
- Чугунков Д.И. 1991. Распределение и динамика численности моржей на острове Верхотурова летом 1990 г. // НИР по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1989–1990 гг. М. С.: ВНИРО 25–36. [Chugunkov D.I. 1991. Distribution and abundance dynamics of walrus at Verkhoturuv Island during summer 1990. In: Marine mammal research in the northern Pacific Ocean, 1989–1990, М: VNIRO, p. 25–36. IN RUSSIAN]