

Алтухов А.В.¹, Пермяков П.А.², Бурканов В.Н.^{1,3}

Различия в результатах прямых визуальных учетов сивучей (*Eumetopias jubatus*) на лежбищах и подсчетах на панорамных фотографиях

1. Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия.
 2. Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, Владивосток, Россия
 3. Национальная лаборатория по изучению морских млекопитающих, Аляскинского научно-исследовательского рыболовного центра, AFSC, NMFS, NOAA, Сиэтл, США.
-

Altukhov A.V.¹, Permyakov P.A.², Burkanov V.N.^{1,3}

Differences in results of direct counts of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) on rookeries and counts on panoramic photographs

1. Kamchatka Branch of the Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia.
2. V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia.
3. National Marine Mammal Laboratory, AFSC, NMFS, NOAA, Seattle, USA.

Произошедший в конце XX в. катастрофический спад численности сивуча способствовал проведению серии работ по мониторингу состояния его популяций. Слежение за изменением численности выполнялось главным образом методом визуального подсчета животных, залегающих на лежбищах и находящихся в воде у берега (Клумов 1957, Белкин 1965, 1966, Перлов 1970, Челноков 1983, Вертянкин и Никулин 1988, Кузин 1996, и др.). При длительных наблюдениях на одном лежбище подсчеты проводились ежедневно иногда несколько раз в день. При всей простоте и экономичности этот метод имеет существенный недостаток - его достоверность зависит от опыта наблюдателя и условий, при которых проводится подсчет животных. Поэтому сопоставление продолжительных серий учетных данных по изменению суточной или сезонной динамики численности животных по возрастным и половым категориям, полученным в результате работы нескольких наблюдателей, требуют заметных усилий по сверке и, нередко, корректировке данных из-за высокой вариабельности результатов, связанной с индивидуальной ошибкой учетчиков. Бурное развитие цифровой фотографии в последнее десятилетие позволяет существенно снизить этот недостаток и получить точную и полную картину расположения животных на лежбище по возрастным и половым группам и, самое главное, провести серию подсчетов животных на одних и тех же фотографиях как одним, так и несколькими наблюдателями. Это позволяет оценить точность получаемых данных. Кроме того, панорамная фотография является ценным архивным документом, представляющим большой интерес для сравнительного пространственно-временного анализа изменений численности и возрастно-половой

A long-term monitoring program was established for Steller sea lion populations after catastrophic declines occurred during the late XX century. Visual counts of animals on rookeries and haulouts and in surrounding waters were performed daily or several times a day (Клумов 1957, Белкин 1965, 1966, Перлов 1970, Челноков 1983, Вертянкин и Никулин 1988, Кузин 1996). Despite the simplicity and economic efficiency of this method, its validity depends on the experience of observers and the conditions during which animals were counted. Therefore, a comparison of long-term series of count data derived from the datasets collected by different observers in different conditions requires significant effort in reconciliation of count data. Frequently due to high variability of results associated with individual errors comparison of changes in abundance different age and sex groups of SSL is not reliable. Rapid development of digital photography in the last decade can significantly reduce this drawback and be used to obtain a complete picture of the location of animals onshore, including the age and sex composition. Most importantly, the accuracy of the data can be assessed because multiple counts for the same photographs can be conducted by one or more observers. In addition, the archive of panoramic images taken from high point is a valuable tool for the comparative analysis of spatial and temporal changes in numbers and age-sex structure of animals on the rookery over time.

To compare the results obtained by the two meth-

структуры животных на лежбище за разные годы.

Для сравнительного анализа результатов, получаемых двумя методами, были использованы данные учетов сивучей на репродуктивных лежбищах Курильских (о. Анциферова, ск. Долгая, о. Райкоке, о. Брат Чирпоев) и Командорских островов (о. Медный), выполненных в 2007-2009 гг. в период размножения сивучей.

Прямые визуальные подсчеты залегающих на берегу животных выполняли ежедневно в одно и то же время. Перед каждым учетом делали панорамную фотосъемку лежбища с помощью цифровой камеры. Подсчет животных на фотографиях выполняли в специально разработанном программном модуле MS Access. Сивучей на снимках отмечали различными маркерами, соответствующими полу и возрасту животного. Маркеры и панорамные снимки сохранялись в связанном виде программой в единой базе данных (Altukhov and Burkanov 2008). Статистический анализ полученных данных выполнен в вычислительной среде R. Всего было проанализировано 231 визуальный и фотопанорамный учет на всех пяти лежбищах.

ods (visual counts conducted by observers in the field vs counts from photographs) we used the counts of SSL at the four rookeries in the Kuril Islands (Antsferova Island, Dolgaya Rock, Raykoke Island, Brat Chirpoev Island) and one on the Commander Islands (Medny Island) conducted from 2007-2009, during the breeding season of SSLs.

Direct visual counts of animals on shore were conducted from high point located at shore overlooking above hauling out animals at the same time on a daily basis. Prior to each count, a digital camera was used to take a panoramic photograph of the rookery. Steller sea lions were counted in the photographs and marked with different colors corresponding to sex and age of the animal using a module developed for MS Access. The data were saved in a bound form by the software, in a single database (Altukhov and Burkanov 2008). Counts were compared for 231 data sets for the five rookeries (R Development Core Team 2006).

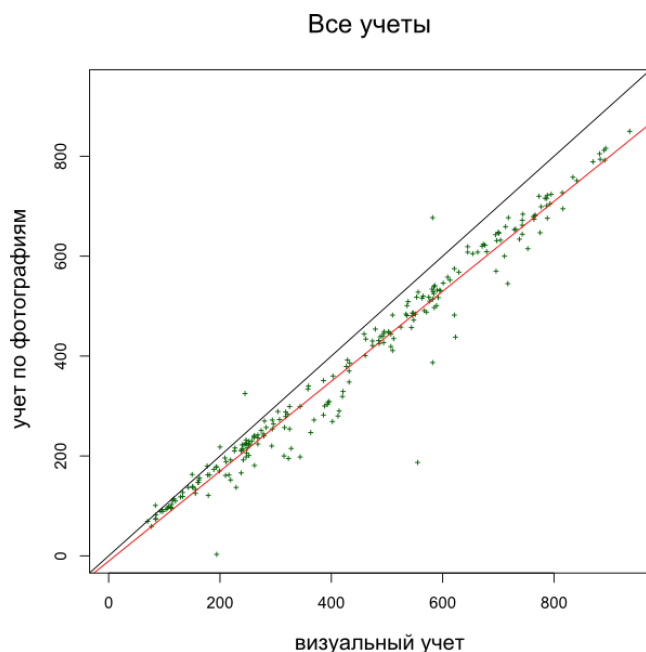


Рис. 1. Сравнительные данные учетов численности сивуча двумя методами (все лежбища).

Fig. 1. Comparison of SSL count results by two methods (all rookeries combined).

В среднем количество животных при учетах на фотографиях оказалось ниже, чем при визуальном подсчете (рис. 1). Величина различий повышалась по мере возрастания плотности залегания и численности сивучей в подсчитываемых группах. Эти отличия могли быть следствием завышения подсчета визуальным методом, недоучета животных на фотографиях или вызваны действием обеих причин. Обе ошибки (как недоучет,

On average, the number of animals counted in the photographs was less than the number derived from visual counts (Fig. 1). The scope of differences increased with increasing abundance and number of sea lions counted in groups. These differences could be due to over-counting when using the visual method, the undercount of animals in the photographs, or a combination of both factors. Both errors (such as undercount-

так и переучет) всегда возрастали с увеличением численности и плотности залегания животных. Для большинства лежбищ характерна одна и та же картина отличий: чем меньше животных в учитываемой группе, тем ближе результаты фото- и визуальных учетов. Эта закономерность нарушается только на ск. Долгой, где, независимо от размера группы, различие между фото- и визуальными учетами были большими (рис. 2). Причиной различий являются особенности рельефа лежбища на скале Долгой. Из-за низкого расположения наблюдателя во время учета и фотографирования часть животных на фотографиях оказывается всегда скрыта от подсчета нагромождениями крупных камней и скал.

ing and overcounting) always increased with an increase in the number and density of animals. For the majority of rookeries one characteristic pattern of differences prevailed: the lower the number of the animals in the group, the closer the results of the two methods. The exception to this are the results from Dolgaya Rock, where regardless of the size of the group, the difference between photographic and visual counts were always substantial (Fig. 2), possibly due to the features of the relief of Dolgaya Rock. Due to the low position of the observer at the time of counts and photographing, the animals in the photographs always remain hidden among and behind large heaps of stones and rocks.

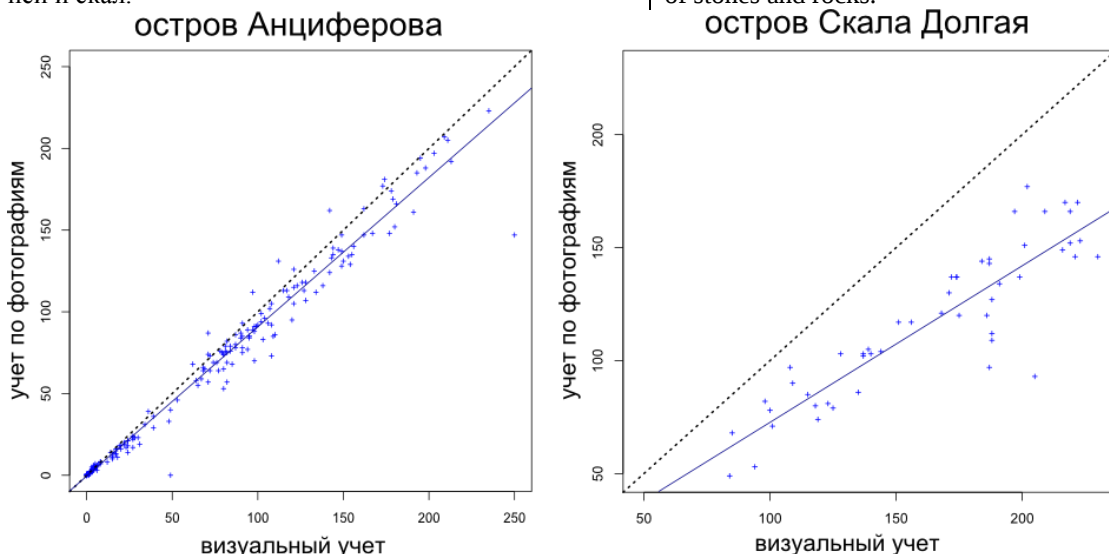


Рис. 2. Различия в данных подсчета сивучей двумя методами на лежбищах о. Анциферова и скалы Долгая.
Fig. 2. Differences in count results of SSLs using two methods on Antsiferov I. and Dolgaya Rock.

Точность обоих методов не остается величиной постоянной. Для оценки степени вариации сравнили изменение количества сивучей на лежбище между смежными днями. Более высокие межсубточные изменения численности наблюдались при визуальных подсчетах (Wilcoxon paired test, $p < 0.05$) (рис. 3). Следовательно, ошибка визуальных учетов выше, чем подсчеты животных на фотографиях. Величина различий зависела от лежбища и достигала наивысшего значения на ск. Долгой. Напротив, на островах Медный и Брат Чирпоев средняя величина различий между смежными днями как при фотографировании, так и при визуальных учетах оказалась одинаковой. Различия объясняются характером рельефа лежбищ и высотой точки учета и панорамной съемки: на лежбищах с динамичным рельефом (нагромождением камней или обломков скал) и низкой точкой наблюдения данные фотоучета оказываются заниженными, а данные визуального учета менее точными, чем на лежбищах с относительно ров-

The accuracy of both methods did not remain constant. To assess the degree of variation, we compared the change in the number of SSLs at a rookery between adjacent days. The greater number of day to day changes were observed for visual counts (Wilcoxon paired test, $p < 0.05$) (Fig. 3). Consequently, the error of visual counts was greater than the counts of animals in the photographs. The range of differences depended on the rookeries, and was greatest for data from Dolgaya Rock. In contrast, on the islands of Medny and Brat Chirpoev the average difference between adjacent days as when using photographs and during visual counting were similar. The differences are explained by the nature of the terrain of the rookeries and the height of position of the observer and photographer: at rookeries with dynamic relief (heaps of stones or fragments of rocks) and a low observation point, the count data obtained from photographs was usually understated and visual counts were more variable (less

ным рельефом и высоко расположенной точкой наблюдения.

accurate) than at rookeries with a relatively flat terrain and high observation point.

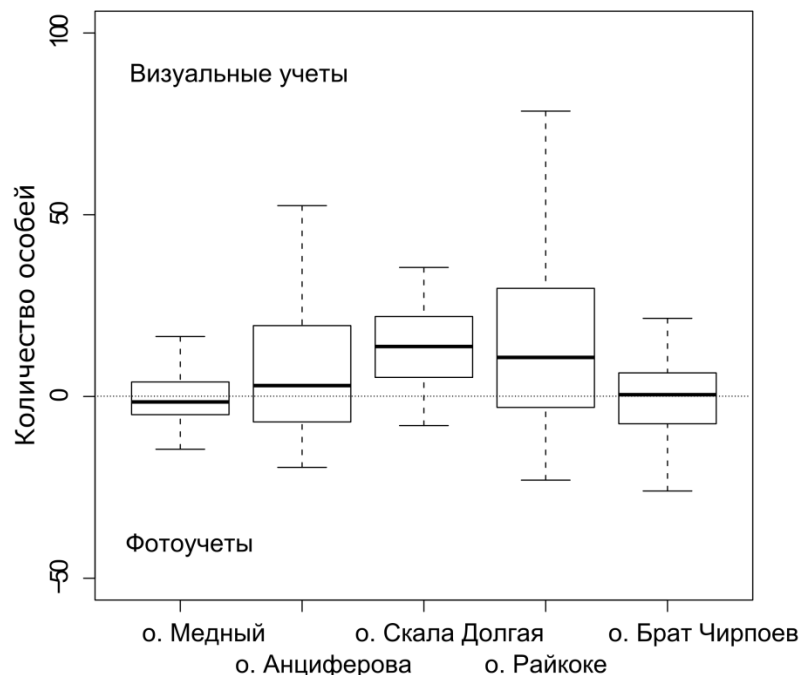


Рис. 3. Различия в численности сивучей, полученные двумя методами в смежные дни.

Fig. 3. Differences in number of SSLs obtained by two methods in adjacent days.

Численность разных половозрастных групп сивучей, определенная двумя методами, существенно различалась (табл. 1). Совершенно очевидно, что идентификация половозрастных групп сивучей вызывает у наблюдателей серьезные затруднения, особенно при работе с фотографиями. Наиболее показательна в этом отношении категория секачей. Несмотря на ярко выраженный половой диморфизм и простоту идентификации, доля недоучета секачей по фотографиям в среднем составляет 40% (sd=13%). Эта ошибка чаще проявляется в плотных скоплениях животных, в которых секачей трудно или невозможно выделить по контурам и размерам, поскольку на фотографиях у них видна только часть тела.

Точность результатов фотоучета зависит от сложности рельефа лежбища и от погоды в момент фотосъемки (освещенность и видимость напрямую определяют качество фотоснимков). При этом такие половозрастные категории животных как молодые и щенки не поддаются точному учету на фотографиях, и их количество всегда оказывается сильно заниженным. В случае с молодыми животными это объясняется тем, что при визуальном учете важным отличительным признаком идентификации является их поведение, которое невозможно оценить на фотографиях. Защитная окраска щенков на неподвижном снимке делает их трудно отличимыми от фона субстрата лежбища.

The number of SSLs of various age groups determined using the two methods differed significantly (Table 1). It is clear that the identification of gender and age of sea lions is a serious problem for observers, especially when working with photos. Most demonstrative in this case was the category of beach masters. In spite of the pronounced sexual dimorphism and ease of identification, the average percentage of beach masters undercounted in the photos equated to 40% (sd=13%). This error occurred most often with photos of dense aggregations of animals in which the beach masters were difficult or impossible to identify via their contours and size as the photographs only illustrated part of the body.

Accuracy of counting results from photographs depends on the complexity of terrain of the rookery, as well as the weather at the time of photography (e.g. lighting and visibility directly determine the quality of photos). In addition, some age and sex categories of animals (i.e. juveniles and pups) are underestimated with photographs possibly due to their behaviour or appearance. For example, the pelage of pups on a fixed image makes it difficult to distinguish them from the background (rocks) of the rookery.

Табл. 1. Различия в численности разных половозрастных групп сивучей, определенные двумя методами (%).
Table 1. Percent difference (%) in count results of different age and sex groups of SSL derived by two methods.

Лежбища Rookery	Секачи Bulls	Полусекачи Half bulls	Самки Females	Всего молодых и взрослых Non-pup total	Щенки Pups
о. Медный Medny I.	29,4 (sd=14,9)	26,8 (sd=31,4)	7,9 (sd=11,6)	10,4 (sd=7,1)	-
о. Анциферова Antsiferova I.	45 (sd=12,5)	50,5 (sd=37,7)	8,4 (sd=16,9)	14,3 (sd=16,6)	17,1 (sd=14,5)
ск. Долгая Dolgaya Rk.	46,9 (sd=14,4)	13,6 (sd=49)	12,2 (sd=12,3)	12,6 (sd=10,5)	-
о. Райкоке Raykoke I.	42,5 (sd=7,4)	-14,0* (sd=30,1)	10,4 (sd=18,1)	14,2 (sd=12,4)	-
о. Брат Чирпоев Brat Chirpoev I.	44,5 (sd=6,0)	-8,3* (sd=35,0)	2,8 (sd=7,7)	9,5 (sd=4,6)	10,3 (sd=4,8)
Среднее Mean	41,6%	13,7%	8,3%	12,2%	5,5%

* - отрицательные значения показывают, что численность, полученная фотографическим методом, оказывалась в среднем выше визуальной / negative numbers shows that number derived from images was higher than visual counts;
- сравнения не проводились / data not compared

Результаты сравнительного анализа двух методов определения численности сивуча на лежбище подтвердили полученные ранее выводы. Фискус и соавторы (Fiscus et al. 1981) указывали на то, что численность животных, полученная при подсчете на фотографиях, оказывается ниже результатов визуального учета.

Таким образом, несмотря на то, что фотоучеты могут служить надежным и хорошо документируемым методом оценки численности сивучей, их результаты, как и данные визуальных учетов, при сравнительном анализе следует использовать с большой осторожностью.

Авторы искренне признательны В.С. Дьячкову, Д.Н. Захаровой, А.Г. Кондратьюку, Е.Г. Мамаеву, С.В. Никулину, С.Д. Рязанову, А. М. Трухину и другим участникам проекта за активную помощь в проведении наблюдений. Работа выполнялась при поддержке Национальной лаборатории США по изучению морских млекопитающих (NMML/NMFS/NOAA) и Центра Морской Жизни Аляски (Alaska SeaLife Center).

A comparative analysis of the two methods for calculating the number of SSLs at rookeries confirmed the earlier findings. Fiscus et al. (1981) indicated that the number of animals counted on the photographs was less than the results of visual counting. Thus, despite the fact that photographic counting can serve as a reliable method for estimating the number of SSLs, results should be used with great caution during comparative analyses.

The authors would like to thank V.S. Dyachkov, D.N. Zakharova, A.G. Kondratyuk, E.G. Mamaev, S.V. Nikulin, S.D. Ryazanov, A. M. Trukhin and other project participants for their active assistance in the observations. This work was supported by the U.S. National Marine Mammal Laboratory, AFSC, NMFS, NOAA, and the Alaska SeaLife Center.

Список использованных источников / References

Белкин А.Н. 1965. Современное состояние лежбищ и численность морских котиков и сивучей на островах Ловушки и Среднего. С. 189-200 в Морские млекопитающие. Москва. Наука [Belkin A.N. 1965. Present status of rookeries and abundance of northern fur seals and Steller sea lions on islands Lovushki and Srednego. Pp. 189-200 in Marine mammals. Moscow. Nauka]
Белкин А.Н. 1966. О взаимных отношениях сивуча и котика на совместных лежбищах размножения. Известия ТИНРО, т. LVIII, с.49-68 [Belkin A.N. 1966. About relationships between Steller sea lions and fur seals on shared reproductive rookeries. Proceedings of the TINRO, vol. LVIII, pp. 49-68]

- Вертянкин В.В., Никулин В.С. 1988. Наблюдения за распределением и численностью сивучей на Командорских островах в 1978-1987 гг. Науч.-исслед. работы по мор. млек. в сев. части Тихого океана в 1986-1987 гг. ВНИРО, Москва, с. 142-148. [Vertyanikin V.V., Nikulin V.S. 1988. Observations of distribution and number of Steller sea lions on the Commander islands in 1978-1987. Pp. 142-148 in Research on marine mammals in the northern Pacific in 1986-1987. VNIRO, Moscow]
- Клумов С.К. 1957. Учет береговых лежбищ сивучей (*Eumetopias jubatus*) на Курильских островах и ориентировочное определение их численности. ДАН СССР. Т. 117, вып. 2. Стр. 345-348 [Klumov S.K. 1957. Survey of coastal rookeries of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) on the Kuril Islands and approximate estimate of their abundance. DAN USSR, 117(2): 345-348]
- Перлов А.С. 1970. Распределение и численность сивучей на лежбищах Курильских островов. Изв. ТИНРО. 70: 96-102. [Perlov A.S. 1970. Distribution and abundance of Steller sea lions on haulouts on Kuril Islands. TINRO proceedings, 70: 96-102]
- Кузин А.Е. 1996. Численность, перемещения и основные черты биологии сивуча о.Тюленьего. Изв. ТИНРО. Т. 121. С. 130-142 [Kuzin A.E. 1996. Abundance, movements and basic biological features of Steller sea lions at Tyuleniy Island. Proceedings of TINRO, vol. 121: 130-142]
- Челноков Ф.Г. 1983. Численность сивучей и их взаимоотношения с коти́ками на Юго-восточном лежбище острова Медный (Командорские острова). Биология моря (4): 20-24 [Chelnokov F.G. 1983. Number of Steller sea lions and their relationships with fur seal at the southeastern rookery o the Mednyi Island (Commander Islands). Marine Biology, 4: 20-24]
- Altukhov A.V., Burkanov V.N. 2008. Steller Sea Lion Brand Resight Database Using MS Access. Alaska Marine Science Symposium 2008. Anchorage, Alaska, USA
- Fiscus C. H., Rugh D. J., Loughlin T.R. 1981. Census of northern sea lion (*Eumetopias jubatus*) in central Aleutian Islands, Alaska, 17 June-15 July 1979, with notes on other marine mammals and birds. C. H. Fiscus. Seattle, Washington, NMML, Northwest and Alaska Fisheries Center, NMFS, NOAA: 109.
- R Development Core Team. 2006. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>