

Стародубцев Ю.Д., Баранов Е.А., Надолишняя А.П., Шамрова Е.О. 2012. Обобщение по относительному признаку “средний” у байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm). В: Морские млекопитающие Голарктики. Сб. тр. VII междунар. конф., М.: СММ, 2: 272–278 [Starodubtsev Yu.D., Baranov E.A., Nadolishnyaya A.P., Shamrova E.O. 2012. Generalization by a relative characteristic of “middle” by Baikal seals (*Pusa sibirica* Gm). In: Marine Mammals of the Holarctic. Collection of research papers. Collection of works of the VIIth Intl. conf., М.: ММС, 2: 272-278 p.].

Титова О.В.<sup>1,2</sup>, Филатова О.А.<sup>3</sup>, Федутин И.Д.<sup>1,3</sup>, Кринова Л.С.<sup>4</sup>, Бурдин А.М.<sup>1</sup>, Хойт Э.<sup>5</sup>

## Предварительная оценка численности локальных скоплений горбатых китов (*Megaptera novaeangliae*) в двух нагульных районах Чукотки в августе 2017 года

1. Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, Россия
2. Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН), Москва, Россия
3. Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, биологический факультет, Москва, Россия
4. Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
5. Общество охраны китов и дельфинов, Вилтшир, Великобритания

Titova O.V.<sup>1,2</sup>, Filatova O.A.<sup>3</sup>, Fedutin I.D.<sup>1,3</sup>, Krinova L.S.<sup>4</sup>, Burdin A.M.<sup>1</sup>, Hoyt E.<sup>5</sup>

## Preliminary estimates of the abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in their two local feeding aggregations off Chukotka in August 2017

1. Kamchatka branch of the Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
  2. A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
  3. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Moscow, Russia
  4. Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
  5. Whale and Dolphin Conservation (WDC), Wiltshire, UK
- DOI: 10.35267/978-5-9904294-0-6-2019-1-317-321

Популяции горбатых китов на Дальнем Востоке России были сильно подорваны коммерческим китобойным промыслом в 1930-е – 1960-е годы. После введения моратория на промысел в 1986 году отмечается повышение их численности на всех участках ареала. Повышение относительной численности горбачей в ряду лет для нагульных районов Чукотки было отмечено с 2010 года, по наблюдениям с привлечением местных зверобойных бригад (Мельников 2014), однако абсолютных подсчетов не проводилось с 2005 года. В 2005 году в ходе рейса, организованного в ходе проекта SPLASH (Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpbacks), на Чукотке было идентифи-

Humpback whale population in the Russian Far East was severely depleted by commercial whaling during a period from 1930s through 1960s. After the adoption of the Moratorium on commercial whaling in 1986, the abundance of humpback whales increased all over their range. The relative humpback whale abundance at the feeding grounds off Chukotka has also grown since 2010 according to observations involving local animal brigades (Melnikov 2014), but no direct counts have been conducted since 2005. In 2005, only 27 individuals were identified in the waters off Chukotka during the vessel-based survey under the Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of

цировано 27 горбатых китов (Calambokidis et al. 2008). Эти данные попали в общую оценку численности для всех нагульных районов северной части Тихого океана, которая составила 19056 особей (Calambokidis et al. 2008), а также в оценку для всей Северной Пацифики, сделанную Барлоу позднее по тем же данным (Barlow et al. 2013). Оценка численности всей популяции, сделанная Барлоу, составила 21063 особи. Также в работе по программе SPLASH численность всех нагульных районов Российских вод была оценена в 100–700 особей, но по отдельности известные на тот момент районы внутри Российского сектора рассмотрены не были из-за недостаточного размера выборки. Известно, что разные нагульные скопления могут быть образованы китами из разных районов размножения (Calambokidis et al. 2008, Titova et al. 2017). Поэтому для решения задач мониторинга и сохранения экосистем важно оценивать численность разных скоплений по отдельности.

В августе-сентябре 2017 года впервые было собрано достаточно индивидуальных фотографий для определения численности горбатых китов в заливе Креста (Анадырский залив) и проливе Сенявина (северо-восточное побережье Чукотки, Провиденский район). Выходы в море совершались с небольших лодок ежедневно при наличии хорошей погоды. Мы применяли стандартную методику фотоидентификации животных по окраске нижней поверхности хвостовых лопастей. Численность скоплений мы определяли методом регистрации повторных встреч идентифицированных особей (capture-recapture). Фотографии китов, отснятых за каждый день, мы сравнивали с китами, снятыми в предыдущие дни. По результатам сезона для каждого кита мы составляли ежедневную историю присутствия или отсутствия в выборке. Длина сезона в заливе Креста составила 10 дней, в проливе Сенявина – 19 дней. Для каждой выборки мы строили серию имитационных математических моделей, на которых исследуется поведение переменной численности популяции в зависимости от вариаций вводимых параметров, таких как вероятность встречи животных, вероятность ухода животных с исследуемой территории или подхода новых, не отмечавшихся ранее. Для правильного выбора модели для расчета численности этим методом необходимо знать, насколько стабильна популяция на протяжении периода сбора данных. То есть является ли популяция открытой, то есть животные уходят из исследуемого региона и приходят новые, или закрытой – животные не покидают район. Здесь, применительно к кратковременным наблюдениям за временным скоплением животных, мы не можем рассматривать действительное влияние факторов рождаемости и смертности. Однако также мы не можем исключить возможности живот-

Humpbacks (SPLASH) program (Calambokidis et al. 2008). These data were included in the total estimate for all feeding grounds in the North Pacific (19,056 individuals) obtained within the framework of the SPLASH program (Calambokidis et al. 2008), as well as in the assessment for the entire North Pacific made later by Barlow who used the same data (21,063 whales) (Barlow et al. 2013). In the SPLASH study, the abundance of whales from Russian waters was estimated ranging at 100–700 individuals. All Russian waters (despite a range of known separate areas of summer feeding) were considered as a one region because of the insufficient sample size. It is known, that different feeding groups can be formed by whales coming from different breeding grounds (Calambokidis et al. 2008; Titova et al. 2018). Therefore, it is important for monitoring and conservation purposes to estimate sizes of different aggregations separately.

In August–September 2017, we for the first time took enough individual photographs to determine the number of humpback whales in Kresta Bay (Gulf of Anadyr) and Senyavin Strait (northeastern coast of Chukotka, Providensky District). Small boat surveys were conducted daily, weather permitting. We used the standard method of photo-identification by the color pattern on the ventral surface of the tail flukes. An abundance was estimated by the capture-recapture method. Individual photographs of the whales taken on each day were compared with those from previous days. By analyzing the results of the season, we compiled a daily history of presence or absence in the sample for each individual. The study period in Kresta Bay lasted 10 days; in the Senyavin Strait, 19 days. For each study area, we built a series of mathematical simulation models to assess the population size depending on variations in the input parameters, such as the probability of encountering whales, the probability of whales' leaving the study area, and the probability of arrival of new whales that were not previously noted. To select a relevant model for calculating their abundance, it is necessary to determine how stable the population is during the data collection period: if whales can leave the study area during this period, the population is considered as open; if whales remain in the area, the population is closed. Here, due to the short term of observations on the temporary aggregations of whales, we cannot take into account the actual influence of the birth and mortality. However, we cannot also exclude the probability that animals could leave the study area and also could arrive during the observation period. In order to determine the stability of the aggregations, we carried out a preliminary study of the samples for the

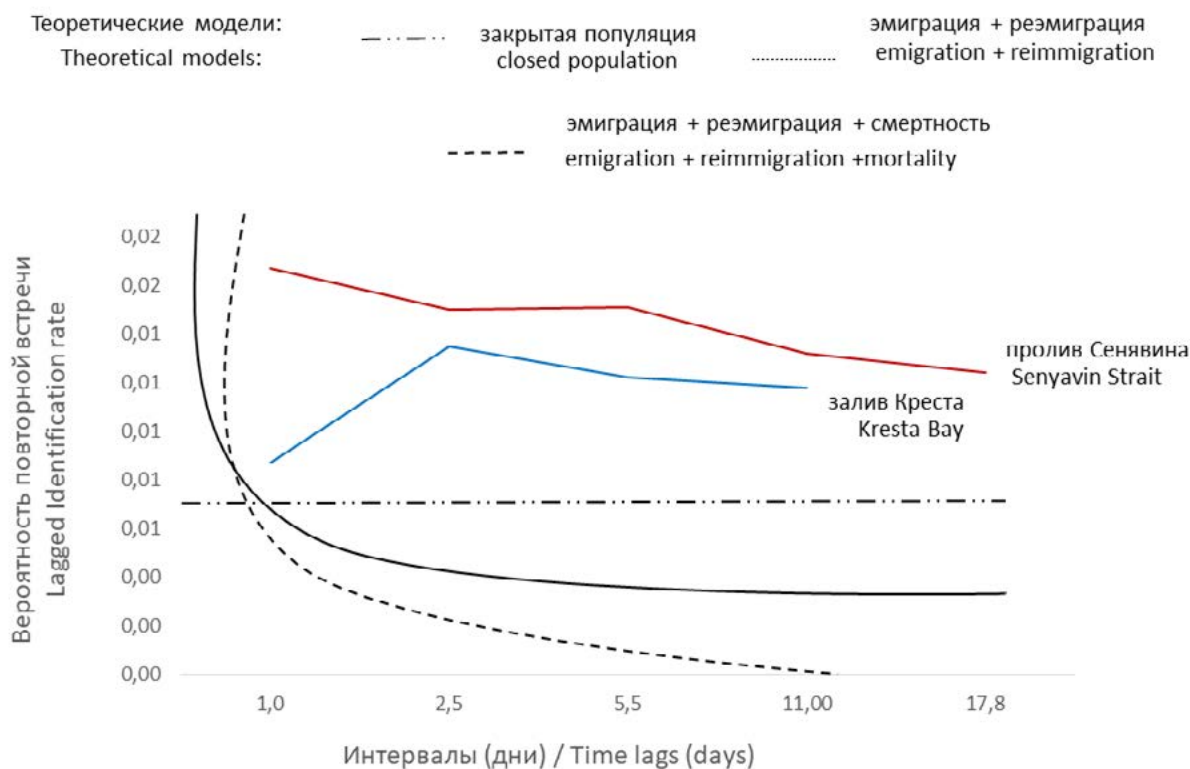


Рисунок 1. Зависимость вероятности повторной встречи от временного интервала между встречами (Lagged Identification Rate) для выборок из залива Креста и пролива Сенявина. Черным цветом показаны линии теоретических распределений, соответствующих моделям закрытой популяции и двум вариантам моделей открытой популяции.

Figure 1. The Lagged Identification Rate for samples from the Kresta Gulf and Senyavin Strait. The lines of theoretical distributions corresponding to closed population model and to two open population models are shown in black.

ных покидать исследуемый район и приходить в него из соседних районов в течение периода наблюдений. Для того чтобы определить стабильность скоплений в нашем случае, мы провели предварительное исследование выборок на зависимость вероятности повторной встречи каждого животного от временного интервала между встречами – Lagged Identification Rate (Whitehead 2009). Модели стабильности популяций мы строили в программе SOCPROG 2.6 (Whitehead 2009). Распределения вероятностей показаны на рисунке 1.

По результатам предварительного исследования, для расчета численности в заливе Креста была выбрана модель для закрытой популяции. Мы построили пять вариантов модели с разными сочетаниями параметров неоднородностей данных, таких как вероятность первой встречи китов и вероятность повторной встречи китов. Из этих вариантов мы выбрали самую подходящую модель по минимальному критерию Акаике (AIC). Самой подходящей оказалась модель Closed Mth, в которой вероятность первой встречи изменяется

relationship of the recapture probability for each whale with the time interval between capture events, referred to as the Lagged Identification Rate (Whitehead 2009). We run the models of population stability using the SOCPROG 2.6 program (Whitehead 2009). The results are shown in Figure 1.

Based on the results of the preliminary study, we selected a model for a closed population to calculate the abundance of whales in Kresta Bay. We built five variants of the model with different combinations of parameters for heterogeneity of data, such as the probability of first encounter with whales and the probability of whales' recapture. Among these variants, we chose the best fitted model by the lowest Akaike Information Criterion (AIC). Closed Mth proved to be the best fitted model, in which the probability of the first encounter varies with time and depends on the individual characteristics of the whale (Otis et al. 1978). It provided an estimated value of 95 individuals (95% CI 88–109).

Таблица 1. Сводка по параметрам выборок, вариантам моделей и расчету численности в заливе Креста и проливе Сенявина

Table 1. Summary of sample parameters, model variants and results for abundance in the Kresta Gulf and Senyavin Strait

Район Region	Количество дней работы Days with whales	Количество китов идентифицировано ID number	Стабильность популяции Population stability	Использованная модель Best model	Численность Abundance	95% ДИ CI 95%
Залив Креста Kresta Gulf	10	83	Закрытая популяция Closed population	Closed Mth2	95	88 - 109
Пролив Сенявина Senyavin Strait	19	83	Эмиграция-ремиграция Emigration-reimmigration	Jolly-Seber Phi(t) p(.)pent(t)	85	83 - 92

со временем и зависит от индивидуальных особенностей животного (Otis et al. 1978). Расчет по этой модели составил 94,97597(95% ДИ 88,50598 - 109,0487) особей.

Численность скопления в проливе Сенявина мы определяли с помощью модели Джолли-Себера (Jolly-Seber) для открытых популяций (Jolly 1965, Seber 1965). Мы выбирали самую подходящую модель среди шести вариантов с разными сочетаниями параметров, влияющих на неоднородность выборки – вероятности первой встречи, повторной встречи, подхода новых животных. Самой подходящей на основе минимального AIC оказалась модель POPAN – Phi(t)p(.)pent(t) – то есть модель с постоянной вероятностью первой встречи и зависимыми от времени вероятностями прихода и ухода животных. Численность, рассчитанная по этой модели для пролива Сенявина, оказалась равной 85,13 (95% ДИ 83,48 - 92,53) особей. Моделирование для расчета численностей мы проводили в пакете RMark для среды статистической обработки данных R 3.3.2 (R Development Core Team 2008).

Распределение горбатых китов в районах летнего нагула может отражать как общепопуляционные демографические тенденции, так и особенности распределения и концентрации их добычи. Здесь мы оценили два ранее неисследованных нагульных скопления горбатых китов у Чукотки. Мы можем заключить, что в августе 2017 года скопление в заливе Креста (Анадырский залив) было более стабильным по сравнению с агрегацией в проливе Сенявина (северо-восточное побережье Чукотки). Акватория залива Креста в течение исследо-

The abundance in the Senyavin Strait was determined using the open population Jolly–Seber model (Jolly 1965; Seber 1965). We chose the best model among six variants with different combinations of parameters that influence the heterogeneity of the sample: the probability of a first encounter, the recapture probability, and the probability of new whales arrival in the aggregation. The best fitted model, based on the minimal AIC, was POPAN-phi(t)p(.)pent(t), a model with a constant probability of the first encounter and time-dependent probabilities of arrival and departure of whales. Humpback whale abundance in the Senyavin Strait using this model was estimated at 85 individuals (95% CI 83–92). The models for an abundance estimates were built in the RMark package for the R 3.3.2 statistical processing environment (R Development Core Team 2008).

The distribution pattern of humpback whales at their summer feeding grounds may indicate both general population trends and the distribution and concentration of their prey. Here we cover two humpback whales' feeding aggregations off Chukotka that were poorly studied before. We can conclude that in August 2017 the feeding aggregation in Kresta Bay was more stable compared to that in Senyavin Strait. The waters of Kresta Bay during the study period provided feeding conditions for slightly higher number of animals than in Senyavin Strait. Further monitoring at both grounds can reveal the long-term dynamics of these feeding aggregations.

ванного периода создавала условия для кормления не-  
много большего количества животных, чем акватория  
пролива Сенявина. Дальнейший мониторинг в обоих  
районах может выявить долгосрочную динамику этих  
нагульных скоплений.

Список использованных источников / References

- Мельников В.В. 2014. Китообразные (Cetacea) тихоокеанского сектора Арктики: история промысла, современное распределение, миграции, численность. Владивосток: Дальнаука, 204-232. [Melnikov V.V. 2014. Cetaceans (Cetacea) of the Pacific sector of the Arctic: The history of harvesting, current distribution, migration, abundance. Vladivostok: Dal'nauka, 232 p. IN RUSSIAN].
- Barlow J., Calambokidis J., Falcone E. A., Baker C. S., Burdin A. M., Clapham P. J., ... & Quinn T. J. 2011. Humpback whale abundance in the North Pacific estimated by photographic capture-recapture with bias correction from simulation studies. *Marine Mammal Science* 27: 793-818.
- Calambokidis J., Steiger G. H., Straley J. M., Herman L. M., Cerchio S., Salden D. R., Urban-R J., Jacobsen J. K., von Ziegesar O., Balcomb K. C., Gabriele C. M., Dahlheim M. E., Uchida S., Ellis G., Miyamura Y., Ladron de Guevara-P. P., Yamaguchi M., Sata F., Mizroch S. A., Schlender L., Rasmussen K., Barlow J. and Quinn II T. J. 2001. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Marine Mammal Science* 17:769–974.
- Calambokidis J., Falcone E. A., Quinn T. J., Burdin A. M., Clapham P. J., Ford J. K. B., Gabriele C. M., LeDuc R., Mattila D., Rojas-Bracho L., Straley J. M., Taylor B. L., Urban-R J., Weller D., Witteveen B. H., Wynne K., Yamaguchi M., Bendlin A., Camacho D., Flynn K., Havron A., Huggins J. and Maloney N. 2008. SPLASH: Structure of populations, levels of abundance and status of humpback whales in the North Pacific. Final report for Contract AB133F-03-RP-00078. 57 p.
- Jolly G.M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - Stochastic model. *Biometrika* 52: 225-247.
- Otis D. L., Burnham K. P., White G.C., Anderson D. R. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*, 62.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Seber G.A. F. 1965. A note on the multiple recapture census. *Biometrika* 52: 249-259.
- Titova O. V., O. A. Filatova, I. D. Fedutin, E. N. Ovsyanikova, H. Okabe, N. Kobayashi, J. M. Acebes, A. M. Burdin, and E. Hoyt. 2018. Photo-identification matches of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from feeding areas in russian far east seas and breeding grounds in the north pacific. *Marine Mammal Science*, 34: 100-112.
- Whitehead H. 2009. SOCPROG programs: analyzing animal social structures. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63: 765–778.