

Челинцев Н.Г.

Алгоритм расчета численности белух (*Delphinapterus leucas*) по данным авиаучета

Москва, Россия

Chelintsev N.G.

Algorithm for white whales (*Delphinapterus leucas*) number estimation on data of aerial survey

Moscow, Russia

В соответствии с программой «Белуха – Белый Кит» ИПЭЭ РАН были проведены авиаучеты белух на выборочных маршрутах (sample transects) в 5 районах Белого моря в 2005-2011 гг. (Глазов и др. 2008, Соловьев и др. 2012, наст. сборник) а также в Сахалинском заливе и Амурском лимане Охотского моря в 2009-2010 гг. (Глазов и др. 2012, наст. сборник).

При расчете численности белух в каждом из выделенных учетных районах использовался один и тот же алгоритм экстраполяции, математическое обоснование которого изложено в работе Челинцева Н.Г. (2000). Арена экстраполяции данных выборочного учета для каждого из районов определялась его географией и положением учетных маршрутов.

Расчеты проводились с использованием компьютерной программы «БЕЛУХА» для данных учетов в Белом море и программы «БЕЛУХА-2» для данных учетов в Охотском море. От программы «БЕЛУХА» программа «БЕЛУХА-2» отличается тем, что в ней дополнительно предусмотрена обработка данных «сплошных» авиаучетов, при которых обследованию подвергается «сплошь» вся площадь, занимаемая данной группировкой белух, и экстраполяция не проводится.

Коррекция дистанционного недоучета на оптимально ограниченной полосе. Если предполагается, что вероятность нахождения белух на разных расстояниях от оси маршрута имеет равномерное распределение, и в то же время вероятность обнаружения животных уменьшается с увеличением расстояния до них от оси маршрута, то проводится коррекция дистанционного недоучета по данным расстояний обнаружения белух при учете. Ширина обследуемой с каждого борта полосы W для данного учетного района определяется наибольшим расстоянием обнаружения белух в районе. Вся полоса W делится на 20 равных интервалов и для каждой полосы, составленной из t интервалов, проводится оценка полноты обнаружения белух по формуле, основанной на интегральной логнормальной

In accordance with the program «Beluga – White Whale» IPEE RAS aerial survey of belugas by sample transects have been made in the 5 survey regions of White Sea in 2005-2011 (Glazov et al. 2008, Soloviev et al. 2012, pres. Collection) and also in the Sakhalin Bay and Amur estuary of Okhotsk Sea in 2009-2010. (Glazov et al. 2012, pres. Collection).

The same extrapolation algorithm was used for beluga number estimation in each of these regions. Mathematical basis of the algorithm has been worked out by Chelintsev N.G. (Челинцев 2000). Arena of extrapolation of sample survey for each of the regions has been determined by its geo-location and by the position of sample transects.

Calculations were conducted using the computer program «БЕЛУХА» for survey data in the White Sea and the program «БЕЛУХА-2» for survey data in the Sea of Okhotsk. Comparing to the «БЕЛУХА», the «БЕЛУХА-2» program provides additional data-processing of continuous aerial survey with aerial observation of the whole area occupied by surveyed population, and extrapolation is not conducted.

Correction of distance undercount for an optimal truncated strip width. If it is assumed that the probability of beluga location at different distances from the axis of the transect have the uniform distribution, and at the same time, the probability of beluga detection decreases with increasing distance from the axis of transect, the correction of the distance undercount by the data of beluga detection distance is conducted. Observed width on each side of the strip W for the each region is determined by the greatest beluga detection distance in this region. The whole strip W is divided into 20 equal intervals and for each strip, made up of t intervals, the completeness of beluga detection is estimated by the formula based on the integrated lognormal (LN) detection function (Че-

(ЛН) функции обнаружения (Челинцев 2000).

линцев 2000).

$$P_t = 0,78G_t + 0,22G_t^{4,3}, \quad G_t = \frac{1}{t} \sqrt{\frac{3}{n_t} \sum_{i=1}^t (i-0,5)^2 n_i + \frac{1}{4}}, \quad n_t = \sum_{i=1}^t n_i, \quad (t = 1 \div 20), \quad (1)$$

где P_t – оценка полноты учета белух на полосе W_t , состоящей из t интервалов по каждому борту; G_t – нормированная среднеквадратическая величина расстояний обнаружения **особей** белух для той же полосы; n_i – число белух, обнаруженных в i -м интервале расстояний ($i=1 \div t$); n_t – суммарное число особей белух, обнаруженных на полосе W_t .

Относительная статистическая ошибка оценки полноты учета белух для каждой полосы W_t рассчитывается по формуле

$$e(P_t) = \frac{(1 + 1,213G_t^{3,3}) C_t(y^2)}{2(1 + 0,282G_t^{3,3}) [1 + C_t(y^2, b)]} \sqrt{\frac{1 + C_t^2(b)}{k_t}}, \quad (t = 1 \div 20), \quad (2)$$

где $C_t(y^2)$ – коэффициент вариации квадратов расстояний обнаруженных на полосе W_t групп белух, $C_t(b)$ – коэффициент вариации числа особей в обнаруженных группах белух, $C_t(y^2, b)$ – относительная ковариация квадратов расстояний обнаруженных групп белух и размеров групп, k_t – общее число обнаруженных на полосе W_t групп белух.

Если зависимость вероятности обнаружения белух от их расстояния до оси маршрута отличается по форме от модельной функции обнаружения (ЛН), то возникает систематическая ошибка в оценке полноты обнаружения. Чтобы уменьшить эту ошибку, для каждого района проводится автоматическое оптимальное ограничение учетной полосы. С этой целью для каждой полосы W_t , состоящей из t интервалов по каждому борту, рассчитывается критериальное значение $G_{t,cr}$, зависящее от числа обнаруженных на данной полосе групп белух k_t ,

$$G_{t,cr} = 1 - 0,5k_t^{-0,25}, \quad (t = 1 \div 20). \quad (3)$$

Наибольшее число интервалов t , для которого выполняется условие

$$G_t > G_{t,cr}, \quad (4)$$

принимается как оптимальное. Оптимальному числу интервалов с каждого борта t_{opt} соответствует оптимально ограниченная ширина учетной полосы с каждого борта W_{opt} . Соотношение (3) подобрано на основе компьютерного моделирования по методу Монте-Карло с привлечением альтернативных форм функции обнаружения. Для оптимальной ширины полосы с каждого борта W_{opt} полная ошибка оценки полноты учета белух, составленная из статистической и систематической ошибок, близка к минимуму. Оптимально

where P_t is the estimate of the completeness of beluga detection in the strip W_t consisting of t intervals on each side; G_t is the normalized root-mean-square value of the **individual** beluga detection distances for the same strip; n_i is the number of beluga individuals detected in the i th interval of the distance ($i=1 \div t$); n_t is the total number of belugas, detected in strip W_t .

The relative statistical error of the estimation of the completeness of the beluga detection for each strip W_t is calculated by the formula

where $C_t(y^2)$ is the coefficient of variation of the squares of the distances of beluga groups detected in the strip W_t , $C_t(b)$ is the coefficient of variation of detected beluga group sizes, $C_t(y^2, b)$ is the relative covariation of the squares of the detection distances with the sizes of detected beluga groups, k_t is the total number of the beluga groups detected in the strip W_t .

If the dependence of the beluga detection probability from their distance to the axis of transect differs in shape from the model of detection function (LN), a systematic error of the completeness of detection arises. In order to reduce this error automatic optimal truncation of the strip width is done for each region. With this purpose for each strip W_t consisting of t intervals on each side, the criterial value $G_{t,cr}$, depending on the number of detected in this strip beluga groups k_t , is calculated

The greatest number of intervals t , for which meets the condition

is assumed as optimal. The optimal number of intervals on each side t_{opt} corresponds to the optimal truncated width of the survey strip W_{opt} . The equation (3) was selected by computer simulation with Monte Carlo method, involving alternative forms of detection function. For the optimal width of strip on each side W_{opt} the complete error of the estimation of the completeness of beluga detection, consisting of statistical and systematic errors, is close to minimum. To the optimally truncated strip width W_{opt} correspond the

ограниченной ширине полосы W_{opt} соответствуют значение полноты учета на полосе P_{opt} и ее относительная статистическая ошибка $e(P_{opt})$, рассчитанные по формулам (1) и (2) при $t=t_{opt}$. Значения P_{opt} и $e(P_{opt})$ используется в программах «БЕЛУХА» и «БЕЛУХА-2» для коррекции дистанционного недоучета белух (см. ниже формулы (12) и (13)).

В отличие от используемой в программе «БЕЛУХА» модели функции обнаружения ЛН в программе «DISTANCE» (Backland et al. 1993, Backland et al. 2001) в качестве «ключевых» применяются полунормальная (HN) и Hazard-rate (HR) модели. Как показал сравнительный анализ (Челинцев 2010 а,б,в), функция обнаружения ЛН при оптимальном ее ограничении в среднем лучше соответствует фактическим данным распределения расстояний обнаружения белух по сравнению с моделями HN и HR. Полунормальная модель (HN) из-за слишком короткого плато часто приводит к занижению оценки полноты учета белух и завышению оценки их численности, а модель Hazard-rate (HR) нередко приводит к завышению оценки полноты учета и занижению оценки численности из-за слишком протяженного плато.

Довольно часто при применении программы «DISTANCE» возникают систематические ошибки в оценке полноты учета из-за необоснованного добавления дополнительных корректирующих членов функции обнаружения, вызванного случайным отклонением фактического распределения расстояний обнаружения от «ключевой» модели. При этом добавление корректирующих членов всегда увеличивает статистическую ошибку в оценке полноты учета и в некоторых случаях требует «монотонизации» рассчитываемой функции обнаружения, что приводит к увеличению статистической ошибки.

Второе важное отличие алгоритма программы «БЕЛУХА» в части коррекции дистанционного недоучета состоит в том, что в ней оценка полноты учета на учетной полосе проводится по распределению обнаруженных **особей** белух по формулам (1) и (2). В программе «DISTANCE» оценка полноты учета рассчитывается по распределению расстояний обнаруженных **групп** белух. При этом экстраполяция также проводится по обнаруженным **группам**, в результате чего получается оценка численности **групп** белух. Для перевода рассчитанной оценки численности групп в данном учетном районе в оценку численности особей необходима оценка среднего размера групп в популяции, для расчета которой пользователю программы «DISTANCE» предлагается применять какой-либо из 4 разных способов без четких критериев выбора лучшего способа. Эти 4 способа расчета дают в некоторых

values of the completeness of beluga detection in the strip P_{opt} and its statistical errors $e(P_{opt})$, calculated by the formulas (1) and (2) at $t=t_{opt}$. The values of P_{opt} and $e(P_{opt})$ are used in the «БЕЛУХА» and «БЕЛУХА-2» programs to correct distance underestimation of belugas (see below the formulas (12) and (13)).

In contrast to detection function model LN in the «БЕЛУХА» program, in the program «DISTANCE» (Backland et al. 1993, Backland et al. 2001) are used as key the half-normal (HN) and Hazard-rate (HR) models. As demonstrated by the comparative analysis (Челинцев 2010 а,б,в), the detection function model LN in its optimal truncation, on average better corresponds to the actual data of the distribution of beluga detection distances compared with models HN and HR. The half-normal model (HN) because of the too short plateau often brings to underestimation of the value of the completeness of beluga detection and to overestimation of the beluga number, and the model Hazard-rate (HR) sometimes brings to overestimation of the value of the completeness of beluga detection and to underestimation of the beluga number because of a too long plateau.

Fairly frequently, when the program «DISTANCE» is applied, appear the systematical errors in the estimate of the completeness of the beluga detection due to an unsubstantiated addition of adjustment terms of the detection functions caused by random deviation of the actual distribution of the detection distances from the key model. In this case an addition of adjustment terms will increase a statistical error in the estimate of the completeness of the animal detection and in some cases requires the «monotonization» of the estimated detection function, that brings to increasing of statistical error.

Another difference of the algorithm of the «БЕЛУХА» program in the method of correction of distance underestimate consists in the fact that the estimate of the completeness of animal detection in the survey strip is conducted directly on the distribution of the detected beluga **individuals** by the formulas (1) and (2). In the program «DISTANCE» the estimate of the completeness of animal detection is calculated by the distribution of the distances of the detected beluga **groups**. The extrapolation is also conducted on data of the detected animal **groups**. In order to transfer the estimated value of the animal group number in the region into the number of animal individuals, it is necessary to estimate the mean size of the animal groups in the population. In «DISTANCE» program is proposed to apply 4 different methods

случаях существенно различающиеся (до 1,5-2 раз) значения оценок среднего размера групп и как следствие настолько же различные оценки численности особей.

Экстраполяция. При равномерном размещении параллельных учетных маршрутов использование стандартной формулы статистической ошибки, основанной на модели случайного размещения учетных проб, дает завышение оценки статистической ошибки экстраполяции, если имеет место существенный тренд плотности населения в направлении, перпендикулярном маршрутам. Для того чтобы исключить такое завышение оценки статистической ошибки, в программе «БЕЛУХА» используется раздельная экстраполяция по каждому маршруту. Для каждого выделенного учетного района рассчитывается наблюдаемая плотность населения на каждом маршруте D_s на оптимально ограниченной учетной полосе шириной W_{opt} с каждого борта по формуле

$$D_s = n_s / q_s, \quad q_s = 2L_s W_{opt}, \quad (s = 1 \div r), \quad (5)$$

где n_s – количество особей белух, обнаруженных на s -м маршруте; q_s – площадь учетной полосы на s -м маршруте; L_s – длина s -го маршрута; r – количество учетных маршрутов в данном районе.

Если параллельные учетные маршруты размещены в акватории учетного района равномерно (с равными интервалами), то примерная площадь сектора экстраполяции Q_s для каждого s -го маршрута рассчитывается по упрощенной формуле

$$Q_s = Q \frac{L_s}{L}, \quad L = \sum_{s=1}^m L_s, \quad (s = 1 \div r), \quad (6)$$

где Q – площадь данного учетного района, L – суммарная длина всех учетных маршрутов в данном районе, r – количество параллельных равномерно размещенных учетных маршрутов в районе. Суммарная

В тех случаях, когда интервалы между параллельными соседними маршрутами существенно различаются, то для каждой пары соседних маршрутов между ними проводится разделяющая параллельная линия на равном расстоянии от линий маршрутов. Для каждого s -го маршрута измеряется по карте площадь соответствующего сектора экстраполяции Q_s , ограниченная ближайшими разделяющими линиями и внешней границей данного учетного района.

Экстраполированное число особей белух на площади сектора экстраполяции, соответствующего s -му маршруту, рассчитывается по формуле

$$N_s = D_s Q_s, \quad (s = 1 \div r). \quad (7)$$

Статистическая ошибка экстраполяции для каждого s -

without well-defined criteria of selecting a better method. These methods of calculation can lead to significantly different (up to 1.5-2 times) estimates of mean size of animal groups and as a result to different estimates of the animal individual numbers.

Extrapolation. If in region is applied the regular location of parallel survey transects then the use of a standard formula of calculation of statistical error based on the model of random location of the sample transects, yields an overestimation of the statistical error of extrapolation when there is a substantial trend of population density in the direction perpendicular to the transects. In order to exclude such overestimated estimates of statistical error of extrapolation in the «БЕЛУХА» program is used the separate extrapolation on each transect. For each survey region and for each transect is calculated the observed population density D_s on the optimally truncated survey strip width W_{opt} on each side by the formula

where n_s is the number of beluga individuals detected on the s th transect, q_s is area of the observed strip for the s th transect, L_s is length of the s th transect, r is the number of survey transects in the region.

In case the parallel survey transects are in the water area of the survey region regularly (with equal intervals), the approximate area of the extrapolation sector Q_s for each s th transect is calculated by a simplified formula

where Q is the area of the survey region, L is the summary length of all survey transects in the region, r is the number of regularly located survey transects in the region.

In those cases when the intervals between the parallel adjacent transects differ substantially, for each pair of adjacent transects is drawn a dividing parallel line at equal distances from the adjacent transect lines. For each s th transect is measured on the map the area of the corresponding sector of extrapolation Q_s , limited by dividing lines and the external boundary of the survey region.

The extrapolated number of beluga individuals on the area of the extrapolation sector corresponding to the s th transect is calculated by the formula

The statistical error of extrapolation for each s th (not

го не крайнего маршрута рассчитывается по формуле (Челинцев 2000, 2004) | first and last) transect is calculated by the formula (Челинцев 2000, 2004):

$$m(N_s) = Q_s \sqrt{\left(1 - \frac{P_{opt} q_s}{Q_s}\right) \left[\frac{(D_{s-1} - D_s)^2 (L_{s-1} + L_s) + (D_s - D_{s+1})^2 (L_s + L_{s+1})}{2(L_{s-1} + 2L_s + L_{s+1})} \right]}, \quad (s = 2 \div r - 1). \quad (8)$$

Для первого и последнего маршрутов статистические ошибки экстраполяции рассчитываются соответственно по формулам | For the first and the last transects the extrapolation statistical errors are calculated by the formulas respectively

$$m(N_1) = Q_1 \sqrt{1 - \frac{P_{opt} q_1}{Q_1} \frac{|D_1 - D_2|}{\sqrt{2}}}, \quad m(N_r) = Q_r \sqrt{1 - \frac{P_{opt} q_r}{Q_r} \frac{|D_{r-1} - D_r|}{\sqrt{2}}}. \quad (9)$$

Экстраполированная оценка численности особей белух в данном учетном районе и ее статистическая ошибка рассчитываются по формулам | The extrapolation estimate of the number of beluga individuals in the survey region and its statistical error are calculated by the formulas

$$N = \sum_{s=1}^r N_s, \quad (10) \quad m(N) = \sqrt{\sum_{s=1}^r m^2(N_s)}. \quad (11)$$

Скорректированная на дистанционный недоучет оценка численности особей белух в данном учетном районе N_{cor} и ее относительная статистическая ошибка $e(N_{cor})$ рассчитываются по формулам | Estimate of number of beluga individuals in the survey region with correction of beluga distance undercount N_{cor} and its relative statistical error $e(N_{cor})$ are calculated by the formulas

$$N_{cor} = N/P_{opt}, \quad (12) \quad e(N_{cor}) = \sqrt{e^2(N) + e^2(P_{opt})}, \quad e(N) = m(N)/N, \quad (13)$$

где $e(N)$ – относительная статистическая ошибка оценки экстраполированной численности белух в данном учетном районе.

where $e(N)$ is the relative statistical error of the estimate of the extrapolated number of the beluga individuals in the survey region.

Для случая, когда ряд параллельных учетных маршрутов с неравными интервалами между ними можно поделить на группы, в каждой из которых маршруты разделены равными интервалами, предложен метод отдельной экстраполяции по группам равноотстоящих маршрутов (Kingsley et al. 1985, Stenson et al. 1993). В этом методе в качестве исходной выборочной переменной используется не плотность населения, а число обнаружений на каждом маршруте, что накладывает ограничение на его применимость при значительных различиях длин учетных маршрутов.

For the case when all parallel survey transects with unequal intervals between them can be divided into some groups in each of which the intervals between transects are equal, the method of separate extrapolation for each group with equal intervals between transects is proposed (Kingsley et al. 1985, Stenson et al. 1993). In this method instead the population density on each of survey transects is used the number of detected animals, that limits the application of this method when there is the substantial difference of the lengths of the survey transects.

Примененный в программе «БЕЛУХА» алгоритм отдельной экстраполяции по каждому из параллельных маршрутов является достаточно универсальным и может использоваться при неравных длинах маршрутов и неодинаковых интервалах между параллельными маршрутами в учетном районе (Челинцев 2000, 2004).

The algorithm of separate extrapolation for each of the parallel transects applied in the program «БЕЛУХА» is enough universal and can be used if survey transect lengths are unequal and intervals between the parallel transects in the survey region are also unequal (Челинцев 2000, 2004).

Изложенный алгоритм отдельной экстраполяции по отдельным участкам маршрута может применяться при пилообразном или зигзагообразном маршруте. В этом случае линии, разделяющие отдельные сектора экстраполяции, проводятся посередине между отдельными прямолинейными участками маршрута.

The presented algorithm of separate extrapolation on separate sections of the survey route can be used also for the saw-toothed or zigzag route. In this case, the lines forming separate extrapolation sectors are conducted at equal distance between separate straight sections of the survey route.

При сплошном авиаучете белух в качестве оценки

When the continuous aerial survey of belugas is con-

численности в данном районе можно взять суммарное число всех однократно обнаруженных животных. При этом статистическая ошибка оценки численности определяется тем, что каждая особь, находящаяся в районе, имеет лишь некоторую вероятность находиться на поверхности и быть обнаруженной. Формула для расчета относительной статистической ошибки (в долях единицы) в оценке численности белух при сплошном учете основана на биномиальной модели распределения числа обнаруженных белух и имеет вид

$$e(n) = \sqrt{(1-p)K/n}, \quad (14)$$

где p – средняя вероятность нахождения каждой белухи на поверхности моря и быть обнаруженной при полете над ней наблюдателя, K – средний размер групп белух, синхронно погружающихся на глубину, n – общее число обнаруженных белух в зоне сплошного учета.

В программе «БЕЛУХА-2» для расчета статистической ошибки оценки числа «поверхностных» белух при сплошном учете в Охотском море были приняты значения $p=0,5$ и $K=1$, и формула (14) свелась к более простому виду

$$e(n) = \sqrt{0,5/n}. \quad (15)$$

Формула (15) дает очень приближенное значение статистической ошибки в силу неточности сегодняшних знаний о величинах p и K . Несмотря на это, рассчитанные по формуле (15) значения статистических ошибок применялись на практике, например, при расчетах оценок допустимых квот (PBR).

ducted then as the estimation of the beluga number in the region is assumed the total number of detected animals. The statistical error of beluga number estimate is determined by the fact that each beluga has only a certain probability of being on the surface and of being detected from air. The formula for calculation of the relative statistical error of the beluga number estimate by continuous survey (in shares of one) is based on the binomial model of distribution of beluga estimation and has the form

where p is the mean probability of finding of beluga on the surface of the sea and of being detected from air, K is the average size of beluga groups, that synchronously are immersed at the depth, n is the total number of detected belugas in the area of continuous survey.

In the program «БЕЛУХА-2» to calculate statistical error of the estimation of the «surface» beluga number for continuous survey in the Okhotsk Sea were accepted values $p=0,5$ and $K=1$, and formula (14) was reduced to a more simpler form

Formula (15) gives a very approximate value of the statistical error due to inaccuracies of knowledge of values p and K . Despite this, values of statistical errors calculated by formula (15) were applied in practice, for example in the calculation of the estimates of allowable quotas (PBR).

Список использованных источников / References

- Глазов Д.М., Черноок В.И., Жариков К.А., Назаренко Е.А., Мухаметов Л.М., Болтунов А.Н. 2008. Авиачет белух (*Delphinapterus leucas*) в июле 2005-2007 гг. в Белом море, распределение и численность. С. 194-198 в Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов. Одесса [Glazov D.M., Chernook V.I., Zharikov K.A., Nazarenko E.A., Mukhametov L.M., Boltunov A.N. 2008. Aerial surveys of white whales (*Delphinapterus leucas*) in July in the White Sea (2005-2007), distribution and abundance. Pp. 194-198 in Marine Mammals of the Holarctic. Collection of Scientific Papers. Odessa]
- Глазов Д.М., Черноок В.И., Шпак О.В., Соловьев Б.А., Назаренко Е.А., Васильев А.Н., Челинцев Н.Г., Кузнецова Д.М., Мухаметов Л.М., Рожнов В.В. 2012. Итоги авиаучетов белух (*Delphinapterus leucas*) в Охотском море в 2009 и 2010 гг. Наст. сборник. Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов. Суздаль. [Glazov D.M., Chernook V.I., Shpak O.V., Solovyev B.A., Nazarenko E.A., Vasilev A.N., Chelintsev N.G., Kuznetsova D.M., Mukhametov L.M., Rozhnov V.V. 2012. The results of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) aerial surveys in the Okhotsk Sea in 2009 and 2010. This collection. Marine Mammals of the Holarctic. Collection of Scientific Papers. Suzdal]
- Соловьев Б.А., Глазов Д.М., Черноок В.И., Назаренко Е.А., Челинцев Н.Г., Рожнов В.В. 2012. Распределение и численность белухи (*Delphinapterus leucas*) в Белом море и южной части Баренцева моря по итогам авиаучёта в августе 2011 г. Стр. 264-269 в кн. Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов, том 2. Москва [Solovyev B.A., Glazov D.M., Chernook V.I., Nazarenko E.A., Chelintsev N.G., Rozhnov V.V. 2012. Distribution and abundance of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) in the White Sea and in the

- Southern part of the Barents Sea based on aerial counts in august 2011. Pp. 264-269 in Marine Mammals of the Holarctic. Collection of Scientific Papers, vol. 2. Moscow]
- Челинцев Н.Г. 2000. Математические основы учета животных. Москва. 431 с. [Chelintsev N.G. 2000. Mathematical bases of animal counts. Moscow. 431 p.]
- Челинцев Н.Г. 2004. Алгоритмы экстраполяции при авиаучетах животных. Бюл. МОИП, отд. биол., 109(2): 3-14. [Chelintsev N.G. 2004. Extrapolation algorithms for animal aerial counts. Bulletin MOIP, sec. Biology, 109(2): 3-14]
- Челинцев Н.Г. 2010а. Методика расчета численности белух по данным авиаучетов на параллельных галсах. Бюл. МОИП, отд. биол. 115(3): 3-12 [Chelintsev N.G. 2010а. The method of white whale number estimation on data of aerial counts. Bulletin MOIP, sec. Biology. 115(3): 3-12]
- Челинцев Н.Г. 2010б. Сравнительный анализ расчета численности белух с использованием программ БЕЛУХА и DISTANCE. Бюл. МОИП, отд. биол. 115(6): 3-13 [Chelintsev N.G. 2010b. Comparative analysis of white whale number estimations made by program БЕЛУХА and by foreign program DISTANCE. Bulletin MOIP, sec. Biology. 115(6): 3-13]
- Челинцев Н.Г. 2010в. Методика расчета численности белух (*Delphinapterus leucas*) по данным авиаучетов. С. 609-615 в Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов. Калининград. [Chelintsev N.G. 2010c. The method of beluga (*Delphinapterus leucas*) number estimation on data of aerial survey. Pp. 609-615 in Marine Mammals of the Holarctic. Collection of Scientific Papers. Kaliningrad]
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L. 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. London, 443 pp.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L., Thomas L. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford university press, New York 432 pp.
- Kingsley M.C.S., Stirling I., Calvert W. 1985. The distribution and abundance of seals in the Canadian high Arctic, 1980-82. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 1189-1210.
- Stenson G.B., Myers R.A., Hammill M.O., Ni I-H., Warren W.G., Kingsley M.C.S. 1993. Pop production of harp seals, *Phoca groenlandica*, in the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 2429-2439.

Чернецкий А.Д.¹, Мещерский И.Г.², Самсонов Д.П.³, Краснова В.В.¹, Братанов А.А.¹, Белькович В.М.¹

Предварительные результаты анализа проб тканей белух (*Delphinapterus leucas*) соловецкого репродуктивного скопления, Онежский залив Белого моря

1. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
2. Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
3. НПО «Тайфун», Обнинск, Россия

Chernetsky A.¹, Meschersky I.², Samsonov D.³, Krasnova V.¹, Bratanov A.¹, Bel'kovich V.M.¹

Preliminary results of the analysis of tissue samples of beluga (*Delphinapterus leucas*) Solovetsky reproductive gathering, Onega Bay of the White Sea

1. P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
2. A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia
3. «Typhoon», Obninsk, Russia

Летом 2011 г. участниками экспедиции «Белуха Белого моря» Института океанологии им. П.П. Ширшова

In the summer 2011, the participants of the expedition “Beluga Whale of the White Sea” Shirshov Institute of