

- Karlsen J.D., Bisther A., Lyndersen C., Haug T., Kovacs K.M. 2002. Summer vocalizations of adult male white whales (*Delphinapterus leucas*) in Svalbard, Norway Polar Biol. (25): 808-817.
- Sjare B.L., Smith T.G. 1986. The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories. Can. J. Zool. (2): 407-415.
- Tyack P.L. 2000. Dolphins whistle a signature tune. Science. 289: 1310-1311.

Беликов Р.А., Панова Е.М., Лукина С.Ю., Агафонов А.В., Белькович В.М.

Динамика численности белух (*Delphinapterus leucas*) в летнем репродуктивном скоплении в районе о-вов Роганка – Голый Сосновец (Онежский залив, Белое море) в 2008-2011 гг.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

Belikov R.A., Panova E.M., Lukina S.Yu., Agafonov A.V., Bel'kovich V.M.

Beluga whale (*Delphinapterus leucas*) abundance dynamics in summer reproductive gathering off Roganka – Golii Sosnovetz Islands (Onega Bay, the White Sea) in 2008-2011

P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

Характерной чертой экологии белух является сильная привязанность в летний период к определенным местам обитания. Филопатрия может быть обусловлена концентрацией животных в районах нагула (кормовые участки), а также сбором особей с целью репродукции и реализации различными форм социального поведения (репродуктивные скопления (РС)). В Белом море выделяют восемь мест РС, которые отождествляют с наличием восьми локальных стад (Белькович и др. 2002). Однако, несмотря на многолетние исследования, природа РС до сих пор мало понятна. Очевидно, ряд местообитаний (акватории РС) чрезвычайно привлекателен для белух в летний период. Тем не менее, пока нет твердых доказательств, что каждое РС соответствует отдельному локальному стаду. Слабо изученными являются вопросы о составе особей в РС и о том, где находятся и что делают животные, покидая места скоплений. Существует гипотеза, что места РС являются зонами высокой резидентности (т.е. «ядерными» зонами) материнских стад, причем у одного локального стада может быть несколько подобных участков (Lefebvre et al. 2012). Действительно, небольшие расстояния между ближайшими РС (менее 80 км), а также высокая изменчивость состава скопления, выявленная при фотоидентификации соловецких белух, свидетельствует в пользу данной гипотезы.

В Белом море наиболее исследовано соловецкое

Due to their biology, beluga whales are very loyal to certain territories as their summer habitats. The motives for this philopatric behavior could be foraging considerations when animals gather around feeding areas (i.e. they form feeding aggregations); or gathering sites may serve the purpose of reproducing and different kinds of social interaction (i.e. they form breeding aggregations). There are eight breeding aggregations in the White Sea, which are equated to eight local herds (Белькович и др. 2002). However, despite longstanding efforts to research them, the nature of breeding aggregations is still unclear. Evidently, a number of habitats (breeding aggregations sites) become particularly attractive to beluga whales in summer. Yet, we have no firm evidence that each particular breeding aggregation represents one local herd. Also, there are other still-unsolved problems about breeding aggregations, namely their structural composition, and the issue of where beluga whales stay or what their activities are like while they are outside aggregation areas. There is a hypothesis that breeding aggregation sites are high density residential zones (i.e. core zones) of females' herds. Moreover, one local herd may have several aggregation sites at their disposal (Lefebvre et al. 2012). Indeed, relatively small distances between the neighboring breeding aggregations (less than 80 km) and highly changeable composition of aggregations (as revealed by photo-identification studies of the Solovetsky aggregation) argue in support of this hypothesis.

The most studied breeding aggregation in the White Sea is

РС, вторым по изученности является мягостровское РС. Стоит отметить, что уже первые работы выявили существенные различия между РС (Андрианов и др. 2006). Так, в отличие от соловецкого, мягостровское РС является гораздо более «рассеянным», состоящим из множества предпочитаемых участков, между которыми животные активно перемещаются. Помимо этого, в определенных районах мягостровского РС, по-видимому, наблюдается поисково-охотничье поведение белух: например, на банке у м. Белужий о. Мягостров, на косе между о. Г. Сосновец и о. Роганка, а также у мористого мыса о. Роганка. Кроме того, мягостровское РС отличается менее регулярной посещаемостью, отсутствием четкой зависимости от приливо-отливного режима (для района о-вов Роганка – Г. Сосновец) и сложным характером динамики общей численности животных.

Общая численность белух на акватории скопления – один из основных параметров в характеристике РС. Цель данной работы – анализ динамики общей численности белух в районе о-вов Роганка – Г. Сосновец по результатам наблюдений в летний период 2008-2011 гг. Следует заметить, что данный район является лишь одним из трех основных, выделенных для мягостровского РС. Два других – акватория у о. Мягостров и Мягостровская мель.

Прямые визуальные наблюдения вели с береговых наблюдательных пунктов: в 2008-2009 гг. с о. Ближняя Луда, в 2010-2011 гг. с мористого мыса о. Роганка. Применяли 10-кратные полевые бинокли. Результаты наблюдений фиксировались в специальных протоколах.

Полноценно сравнить полученные данные сложно, т.к. сроки наблюдений значительно расходятся. Динамика общей численности белух представлена на рис. 1. Можно выделить три основных паттерна. Первый (2008 г.) характеризуется довольно регулярной посещаемостью, причем на акватории наблюдалось относительно небольшое количество животных. Второй паттерн (2009-2010 гг.) характеризуется обилием животных в начале сезона наблюдений и резким падением численности/посещаемости во второй декаде июля. Третий паттерн (2011 г.) отличается сочетанием высокой максимальной численности с крайне нерегулярным посещением РС.

Анализ выявил две противоположные тенденции. С одной стороны, два последних года наблюдается резкое увеличение общей регистрируемой численности белух. С другой стороны, три последних

the Solovetsky breeding aggregation. The second most studied aggregation is the one at Myagostrov Island. It is worthwhile to say that the very first research of these two breeding aggregations revealed significant differences between them (Андрианов и др. 2006). For example, the Myagostrov breeding aggregation is more dispersed compared to the Solovetsky aggregation, and consists of a large number of favored sites within the aggregation zone, with a great deal of movement between them. In addition to breeding behavior, search and hunting behavior of beluga whales is apparently observed in certain areas of the Myagostrov breeding aggregation, for example on a submarine bank near Cape Beluzhy on Myagostrov Island, on a sandspit between Goly Sosnovets Island and Roganka Island, and near the offing of Roganka Island. Furthermore, the Myagostrov breeding aggregation is a less frequented area compared to the Solovetsky aggregation, it lacks distinct dependence on the tidal regime (especially areas near Roganka Island and Goly Sosnovets Island), and has a complex nature of the dynamics of the total population.

The total number of beluga whales in the aggregation area is an important parameter used to describe breeding aggregations. The aim of this research was to analyse the dynamics of total population of beluga whales in the area Roganka Island – Goly Sosnovets Island, based on research studies conducted in summer seasons of 2008-2011. It should be noted that this area is only one of the three areas included in the Myagostrov breeding aggregation. The other two areas are the territorial waters near Myagostrov Island and the Myagostrov shoal.

Direct visual observations were conducted at land-based observation stations located at Blizhnyaya Luda Island (2008-2009) and the offing of Roganka Island (2010-2011). We used binoculars with 10-power magnification. The results of the observations were recorded in specially designed protocols.

It is difficult to make an adequate comparison of the data obtained, as the observations were conducted at different times. The dynamics of total beluga whale population is shown in Fig. 1. Three basic patterns can be singled out. The first pattern (2008 pattern) is characterized by quite frequent occurrence of beluga whales in the territorial sea, although the number of the animals observed was not very high. The second pattern (2009-2010 pattern) is characterized by large numbers of beluga whales early in the observation season and a decrease in the number/frequency of occurrence in the second ten days of July. The third pattern (2011 pattern) is characterized by a combination of the maximum number of animals observed and their very infrequent occurrence in the breeding aggregation.

The analysis showed two opposite trends. On the one hand, over the most recent two years we have seen a sharp in-

года отмечается крайне нестабильный характер посещения, причем белухи практически исчезают во второй декаде июля.

Численность белух летом 2011 г. могла превышать 120 особей, что многократно превосходит полученные ранее оценки (30-60 животных). Такой резкий скачок может действительно соответствовать реальному увеличению численности животных. Тем не менее, возможно, ситуация связана с улучшением условий наблюдений, а именно с резким расширением зоны обзора из-за перемещения НП на о. Роганка. Следует, однако, заметить, что в 2005 г. наблюдения также велись с этой точки, но подобной высокой численности белух не отмечали.

Парадоксально, но резкое увеличение максимальной численности сопровождалось крайней нестабильностью посещения белухами данной акватории. Эту тенденцию легко можно было бы объяснить влиянием антропогенных факторов. Действительно, в последнее время антропогенная нагрузка значительно возросла: устанавливался массив гидрофонов, активно развивался экотуризм, велась заготовка водорослей, предпринимались попытки взятия генетических проб и фотосъемки белух с моторной лодки. Тем не менее, складывалось впечатление, что нестабильный характер посещения обусловлен не только и не столько возрастанием антропогенной нагрузки, сколько влиянием факторов окружающей среды, а также, возможно, неких внутривидовых процессов. Действительно, попытки преследования животных на лодке были малочисленны, а элементы массива гидрофонов животные не только не избегали, но и использовали как центры активности.

Три последних летних сезона (особенно, 2010 г.) отличались жаркой погодой и большим количеством штормов (особенно, 2011 г.). При этом отмечались различные аномалии в поведении белух. Так, летом 2009 г. по опросным данным белухи практически не появлялись у о. Мягостров. Экстремально жарким летом 2010 г, когда температура воздуха нередко превышала 35°C, а температура поверхности воды превышала 25°C, белухи после 10 июля практически перестали появляться в районе о-вов Роганка – Г. Сосновец. При этом их встречали в крайне необычном для них месте, а именно в мелководной Колежомской губе.

crease in the total number of beluga whales observed. On the other hand, over the most recent three years we have noticed the unstable pattern of beluga whales' occurrence in this breeding aggregation; moreover, belugas practically disappear from this aggregation in the second ten days of July.

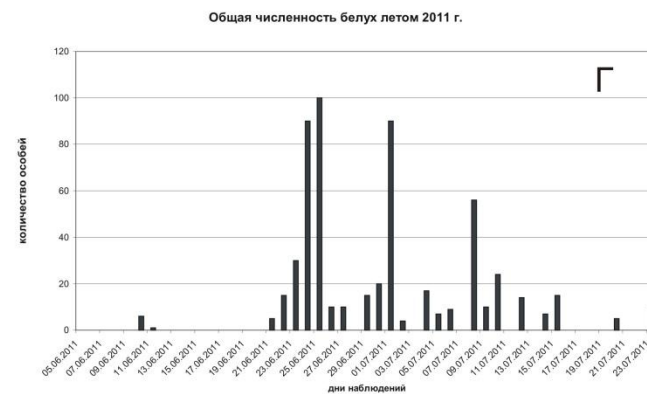
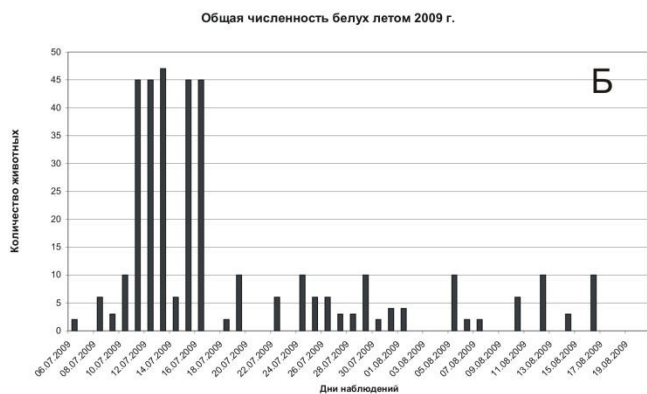
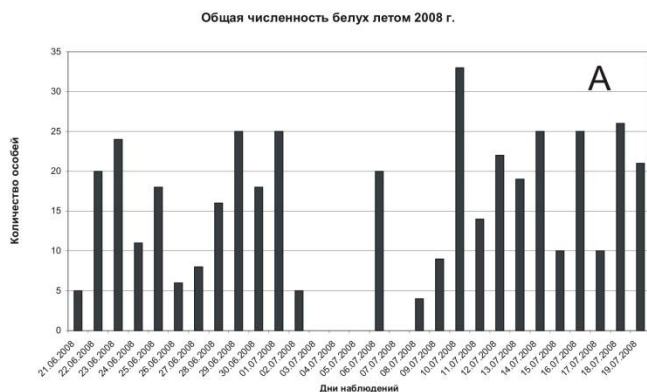
The number of beluga whales observed in 2011 exceeded 120 individuals. This value far exceeds the earlier estimates, which stand at 30-60 individuals. This surge in estimated animal abundance may mean an increase in the number of animals; or the surge may be explained by better conditions for whale observation, namely by the fact that the area of survey was widened when the observation station was relocated to Roganka Island. It is worthy of note that observations conducted at Roganka Island in 2005 did not show as high abundance of beluga whales as in 2011.

It seems paradoxical that the sharp increase in the maximum number was accompanied by highly infrequent occurrence of beluga whales in these territorial waters. This trend can easily be explained by the influence of anthropogenic factors. Indeed, the impact of anthropogenic pressure has significantly increased in the recent years due to the installation of hydrophone arrays, vigorous development of ecotourism, gathering algae, attempts of obtaining genetic samples, and photo-identification studies conducted from a small motorboat. However, we are getting the impression that the instability of occurrence is explained not only and not just by the increased anthropogenic pressure but also by the impact of environmental factors and perhaps by some processes within the population. Indeed, there were only few attempts of pursuing animals from a motorboat. As for the hydrophone elements, not only did the animals not avoid them but actually the elements became the centers of their activities.

Three most recent summer seasons (especially the 2010 season) were characterized by hot weather and a large number of storms (especially in 2011). At the same time, different anomalies were found in beluga whales' movement patterns. For example, there were almost no sightings of beluga whales near Myagostrov Island in the summer of 2009. In the exceptionally hot summer of 2010, when the air temperature often exceeded 35°C, and the surface water temperature exceeded 25°C, there were almost no sightings of beluga whales near Roganka Island – Goly Sosnovets Island after July 10. However, beluga whales were encountered in a place they had not occurred before, namely Kolezhomskaya Bay.

Рис. 1. Динамика общей численности белух летом 2008 (а), 2009 (б), 2010 (в) и 2011 (г) гг.

Fig.1. Dynamics of the total number of beluga whales in the summers of 2008 (a), 2009 (б), 2010 (в), and 2011 (г).



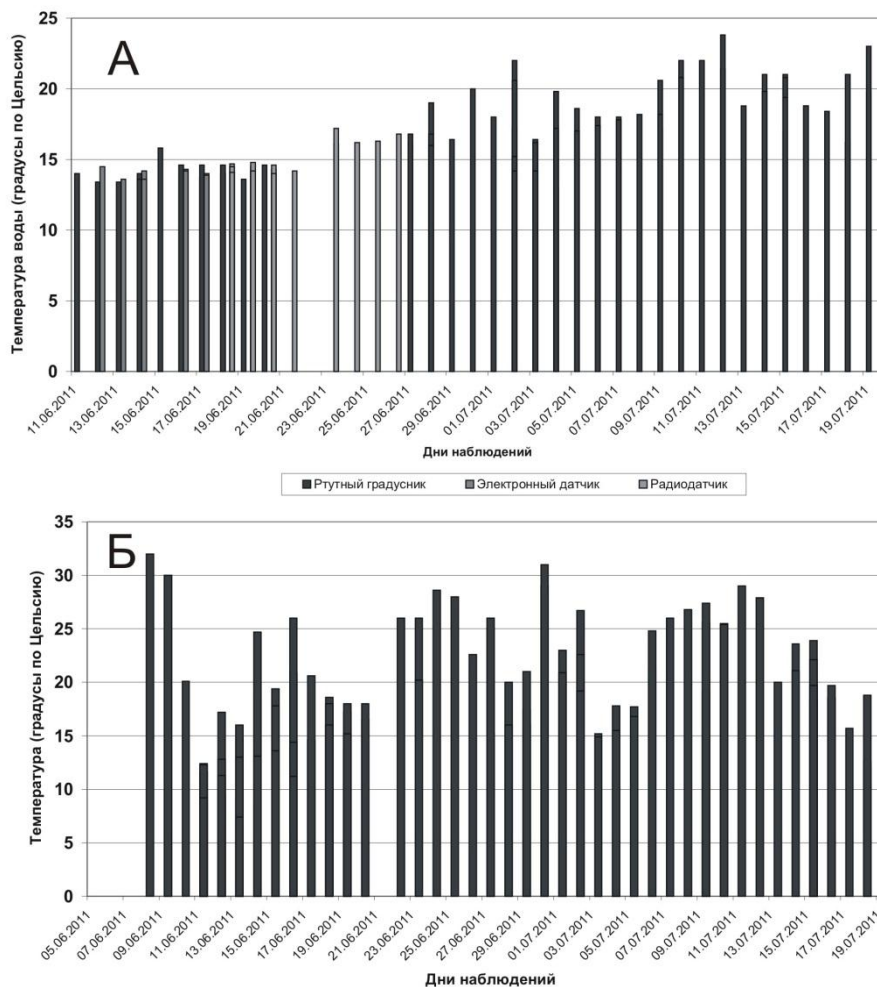


Рис. 2. Динамика температуры воздуха (а) и температуры поверхности воды (б)

Fig. 2. The dynamics of air temperatures (а) and surface water temperatures (б)

Анализируя графики динамики температуры воздуха и температуры поверхности воды (Рис. 2), сезон наблюдений 2011 г. можно условно разделить на два периода: относительно холодный – до 20 июня (температура воздуха обычно ниже 20°C, а воды ниже 15°C), и теплый – после 20 июня (температура воздуха обычно выше 20°C, воды выше 15°C). Интересно, что формирование мягостровского РС летом 2011 г. началось 21 июня, что совпало с резким повышением температуры окружающей среды.

Количество животных и время их пребывания стремительно нарастали и достигли максимума (100-120 голов) 25 июня. Животные оккупировали очень большую акваторию (Рис. 3). В вечерние и ночные часы они, в основном, наблюдались у о-вов Ближняя и Средняя Луда. Одиночные животные

If we analyse graphs of the dynamics of air and surface water temperatures (Fig. 2), we can divide the 2011 observation season into two periods, for the sake of clarity: the period before June 20 (a relatively cold one; the air temperature was lower than 20°C, and the surface water temperature was lower than 15°C) and the period after June 20 (a warm one; the air temperature was higher than 20°C, and the surface water temperature was higher than 15°C). Interestingly, that beluga whales began to aggregate near Myagostrov Island on June 21, 2011, which coincided with a sharp increase in ambient temperature.

The number of animals and the duration of their stay on the aggregation site were rapidly increasing and on June 25 they reached the maximum (100-120 individuals). The animals occupied quite a large territory (Fig. 3). In the evenings and at night time they were mainly observed near Blizhnyaya Luda and Srednyaya Luda islands. Single

(2-3 особи) и небольшие группы (до 10-15 голов) находились на косе между о-вами Роганка – Г. Сосновец. При этом одиночные животные, по-видимому, были заняты поисково-охотничьим поведением. Примечательно, что, несмотря на высокую максимальную численность белух летом 2011 г., почти половину периода наблюдений животные отсутствовали, а высокая численность (более 40 особей) наблюдалась всего 4 дня.

Характер динамики общей численности белух в мяггостровском РС и неоднозначность интерпретации полученных результатов указывают на необходимость дальнейших исследований. Целесообразным является накопление данных по фотоидентификации, генетической структуре белух, а также продолжение метеорологических наблюдений.

animals (2-3 individuals) and small groups (up to 10-15 individuals) were seen on the sandspit between Roganka and Goly Sosnovets islands. It seems that the single beluga whales exhibited search and hunting behavior. It is noteworthy that despite the high maximum count of beluga whale sightings in the summer of 2011, the animals were absent in the survey area for almost half of all the observing time; and the high abundance (over 40 individuals) was observed for only 4 days.

The pattern of dynamics of total number of beluga whales in the Myagostrov breeding aggregation and the ambiguity of interpretation of the data obtained have identified the need for further research. It is advisable to accumulate photo-IDs and data on the genetic structure of beluga whales, and to continue meteorological observations.

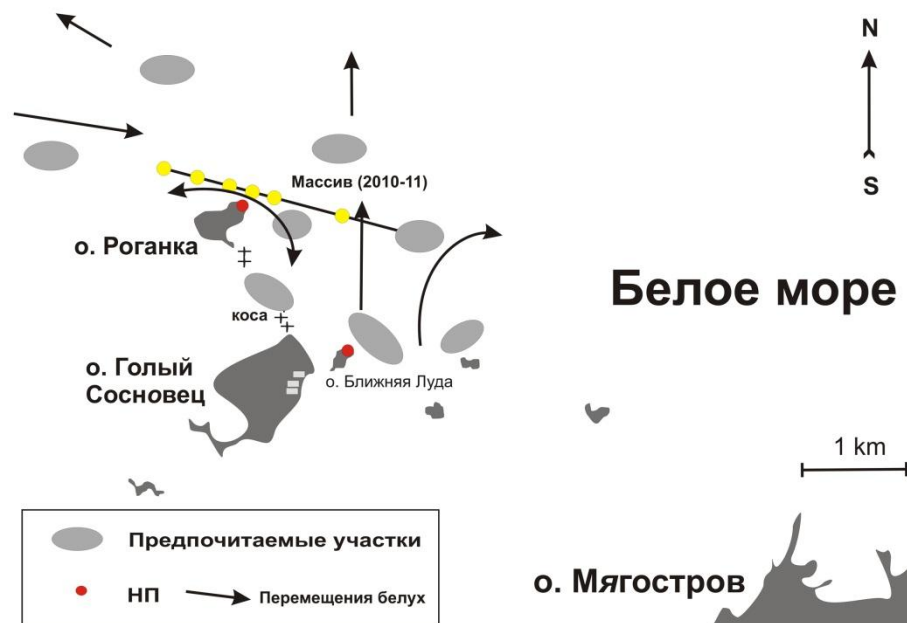


Рис. 3. Схема распределения и перемещений животных

Fig. 3. A diagram showing distribution and movements of animals

Список использованных источников / References

- Агафонов А.В., Алексеева Я.И., Белькович В.М. 2008. Исследование поведения и подводной акустической активности белух (*Delphinapterus leucas*) мяггостровского репродуктивного скопления. С. 20-25 в Мор. Млекопитающие Голарктики. Сборник научных работ, Одесса [Agafonov A.V., Alekseeva Ya.I., Bel'kovich V.M. 2008. The investigation of behavior and under-water acoustical activity of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) of the Myagostrov breeding aggregation. Pp 20-25 in Marine mammals of the Holarctic. Collection of scientific papers. Odessa]
- Андрианов В.В., Лукин Л.Р., Белькович В.М., Агафонов А.В. 2006. Оценка численности южного и западного стад белухи (*Delphinapterus leucas*) в Онежском заливе Белого моря в 2005 г. С. 46-49 в Морские Млекопитающие Голарктики: Сборник научных трудов.- СПб. [Andrianov V.V., Lukin L.R., Belkovich V.M., Agafonov A.V. 2006. Assessment of the numbers of the southern and western stocks of the beluga whale (*Delphinapterus Leucas*) in Onega Bay of the White Sea in 2005. Pp. 46-49 in Marine mammals of the Holarctic. St. Petersburg]

Белькович В.М., Чернецкий А.Д., Кириллова О.И. 2002. Биология белух (*Delphinapterus leucas*) южной части Белого моря. С. 53-78 в Аристов А.А. и др. (ред.), Морские млекопитающие (результаты исследований проведенных в 1995-1998 гг.). Москва [Belkovich V.M., Chernetskiy A.D., Kirillova O.I. 2002. Biology of belugas (*Delphinapterus leucas*) of the southern part of the White Sea. Pp. 53-78 in Marine mammals (results of investigations conducted in 1995-1998). Moscow]

Lefebvre S.L., Michaud R., Lesage V., Berteaux D. 2012 Identifying high residency areas of the threatened St. Lawrence beluga whale from fine scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds. Mar. Ecol. Prog. Ser. 450: 243-257

Беликов Р.А., Панова Е.М., Сычев В.А., Белькович В.М.

Применение стационарного массива гидрофонов для многоканальной широкополосной записи и локализации звуковых сигналов беломорской белухи (*Delphinapterus leucas*)

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

Belikov R.A., Panova E.M., Sychev V.A., Bel'kovich V.M.

Application of a stationary hydrophone array for multichannel broadband recording and localization of sounds emitted by White Sea beluga whales (*Delphinapterus leucas*)

P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

Локализация вокализирующих животных является важным компонентом многих поведенческих исследований (Lammers and Au 2003). Трудность отнесения сигналов к той или иной особи осложняет понимание того, как белухи используют звук для социальных взаимодействий и эхолокации.

Для решения данной проблемы мы использовали стационарный неэквидистантный линейный массив, состоящий из семи ненаправленных сферических гидрофонов диаметром 50 и 40 мм. Гидрофоны были оснащены предварительными усилителями и имели полосу пропускания свыше 100 кГц с относительно ровной АЧХ до 40-50 кГц. С регистрирующей аппаратурой, расположенной на берегу, гидрофоны соединялись при помощи кабеля. Береговой комплекс состоял из блоков фантомного питания, микрофонных предусилителей, внешней звуковой карты и ноутбука. Апертура массива в зависимости от числа задействованных гидрофонов составляла 583 и 885 м.

Данные были собраны в июле-августе 2009 г. в репродуктивном скоплении белух у о. Голый Сосновец (Онежский залив, Белое море). Всего за сезон сделано 20 ч 15 мин многоканальных аудио записей. Частота дискретизации составила 192 кГц (11 ч 30 мин) и 48 кГц (8 ч 45 мин). Наблюдатели документировали ме-

Localization of vocalizing animals is a major component of many behavioral studies (Lammers and Au 2003). Difficulties related to identification of vocalizing animals within a group impede understanding of how beluga whales use sounds to conduct social interaction and to echolocate things.

To deal with this problem, we used a line array of stationary hydrophones that were distributed with non-equidistant spacing and comprised seven omnidirectional spherical hydrophones, with 50 mm and 40 mm diameters. The hydrophones incorporated preamplifiers with band-pass filter above 100 kHz and relatively flat frequency response up to 40-50 kHz. A cable connected the hydrophones to the recording equipment located on the shore. The onshore facilities comprised phantom power blocks, microphone preamplifiers, an external sound card and a laptop. The aperture of the array was 583 m and 885 m, depending on the number of hydrophones used.

The data were collected in July-August, 2009 in a reproductive aggregation of beluga whales near Goly Sosnovets Island (the Onega Bay of the White Sea). We recorded 20 h 15 min of multichannel audio at 192 kHz (11 h 30 min) and 48 kHz (8 h 45 min) sampling rates. Observers documented locations of beluga