

Черноок В.И.¹, Глазов Д.М.², Васильев А.Н.¹, Черноок Н.А.¹, Назаренко Е.А.², Морозова Ю.В.¹
Результаты тепловой авиасъемки тюленей и моржей в Белом море в марте 2010 г.

1. НИИ «Гипрорыбфлот», Санкт-Петербург, Россия
 2. ИПЭЭ РАН, Москва, Россия
-

Chernook V.I.¹, Glazov D.M.², Vasilev A.N.¹, Chernook N.A.¹, Nazarenko E.A.², Morozova Yu.V.¹
Results of infrared aerial census of seals and walruses in the White Sea in March 2010

1. Scientific Research Institute "Giprorybflot", St. Petersburg, Russia
2. A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

Начиная с 1998 г. нами накоплен большой опыт применения тепловой съемки при проведении авиаучетов на ценных залежках гренландского тюленя в Белом море (Черноок 2009). В апреле 2005 и 2006 гг. был отработан метод тепловых авиасъемок для учета тихоокеанского моржа на льдах в Беринговом море (Черноок и др. 2006). С 2006 г. наши тепловые авиасъемки выполняются с авиалаборатории «Норд», созданной на базе небольшого пассажирского самолета Л-410 УВПЭ.

Основной задачей авиасъемки 2010 г. было исследование зимнего распределения морских млекопитающих в Белом море. Авиасъемка выполненная в марте 2010 г. была особенной – она впервые выполнялась как многовидовой учет морских млекопитающих Белого моря. Съемка была проведена в холодную зиму после ряда предшествующих теплых зим. Время съемки, маршруты полетов и весь дизайн съемки были выбраны так, чтобы возможно было зарегистрировать во время учета все основные виды морских млекопитающих, обитающие зимой в Белом море: гренландских тюленей, морского зайца, атлантического моржа и белух. Тюленей и моржей регистрировали на льдах, а белух в расщелинах и разводьях воды среди льдов. Маршруты полетов покрывали равномерными линейными трансектами всю акваторию Белого моря, над водой и льдами. Авиасъемка 2010 г. была выполнена в период с 19 по 23 марта. Полеты выполнялись на самолете-лаборатории Л-410 «Норд», специально созданного для проведения инструментальных авиаучетов морских млекопитающих (Черноок и др. 2008). На борту летающей лаборатории работало 6 исследователей. Удобные блистеры для визуальных наблюдений (по 3 с каждого борта), комплексы аппаратуры для тепловой, фото и видеосъемок, точная навигационная привязка визуальных и инструментальных данных

Beginning in 1998, we have gained great experience in infrared aerial census during our aerial surveys on the breeding grounds of the harp seals in the White Sea (Черноок 2009). In April 2005 and 2006 we developed a method of infrared aerial census to count the walruses of the Pacific Ocean on the sea ice in the Bering Sea (Черноок и др. 2006). Since 2006 our infrared aerial census is conducted in the air laboratory “Nord” based on a small passenger airplane L-410 UVPE.

The main task of the infrared aerial census in 2010 was to study the winter distribution of marine mammals in the White Sea. The aerial census conducted in March 2010 was unusual; it surveyed marine mammals of numerous species in the White Sea. The aerial census was conducted in a cold winter after some previous warm winters. Time of the census, flight routes and aerial census methods chosen in such a way that it would be possible to record during the survey all the primary species of marine mammals inhabiting the White Sea in winter: harp seals, bearded seals, Atlantic walruses and beluga whales. The walruses and seals were recorded on the sea ice and belugas – in the interstices and ice leads. The flight routes covered the whole water area of the White Sea above water and ice. The aerial census in 2010 was conducted from 19 to 23 March. The flights were made on the airplane-laboratory L-410 “Nord” specially constructed for support of aerial census of the marine mammals (Черноок и др. 2008). There were 6 researchers aboard the flying laboratory. Convenient windows for visual observations (3 from each side), sets of equipment for infrared, photo and video surveying, precise navigation fixation of visual and instrumental data allowed us to document the study data on the counted marine mammals with outstanding exactness. The low noise level of the plane engines didn't scare away the animals.

позволяли документировать результаты наблюдений за встреченными морскими млекопитающими с большой точностью. Малый уровень шума моторов этого самолета не оказывал распугивающего воздействия на животных. Полеты выполнены в основном при хорошей погоде на высотах 200-300 м со скоростью 240-280 км/час.

Инструментальные авиасъемки тюленей и моржей проводились синхронно в инфракрасном (тепловом) и видимом диапазоне:

- тепловая – ИК-сканером «Малахит-М» (угол обзора 120°) и тепловизором Flir A-325 (угол обзора 24°);
- цветная фотосъемка 3-мя цифровыми фотокамерами Nikon D 300 с углами зрения (F-28mm и F-50mm), разнесенными по ширине полосы обзора «Малахит-М»;
- видеосъемка выполнялась камерой высокого разрешения (Full HD) Panasonic HDC-HS9EE.

Основным прибором комплекса тепловой съемки был ИК-сканер «Малахит-М», который позволяет получать тепловое изображения подстилающей поверхности в угле обзора 120 и температурной чувствительностью 0,2°C. Тепловизор фирмы Flir A-325 имеет угол зрения 24°, высокую чувствительность (0,07°C), а также позволяет измерять абсолютное значение температуры и имеет намного меньше, чем «Малахит-М» габариты. При таких параметрах тепловой съемки тюлени, моржи и их детеныши, находящиеся на льду, хорошо регистрируются ИК-аппаратурой.

В видимом диапазоне съемка осуществлялась линейкой из трех фотокамер с суммарным полем зрения в 74°, что позволяло перекрыть фотосъемкой центральную часть полосы обзора ИК-сканера «Малахит-М». Так например, для высоты полета 200 м суммарная полоса 3-х фотокамер равна 300 м, а полоса обзора ИК-сканера «Малахит-М» – 680 м. Полосы обзора тепловой и фотосъемки показаны на рис. 1.

Оперативный контроль качества инструментальной съемки и управление (включение и выключение авиасъемочной аппаратуры) осуществлялось бортоператором тепловизионного комплекса по информации наблюдателей или при обнаружении на тепловизионном изображении «горячих точек» – объектов съемки. При подаче команды на съемку три фотоаппарата начинали синхронную съемку в автоматическом режиме с интервалом в 2 сек. и включалась запись тепловизионных изображений. Распределения тюленей, моржей по данным авиасъемки показано на рис. 2.

Съемка ценных залежек гренландского тюленя (*Phoca groenlandica*) была выполнена по технологии, описанной в работе (Черноок и др. 1999). Полет 19 марта ох-

Mainly, the flights were conducted under good weather conditions at levels of 200-300 m with speed of 240-280 km/h.

Instrumental aerial census of walruses and seals were conducted at the same time in infrared (heat) and visible range:

- infrared surveying – with IR-scanner “Malakhit-M” (120° viewing angle) and thermal imager Flir A-325 (24° viewing angle);
- color photography – with 3 digital photo cameras Nikon D 300 with view angles (F-28mm and F-50mm) oriented to the bandwidth of “Malakhit-M”;
- High definition video recording (Full HD), Panasonic HDC-HS9EE.

The main tool of the infrared surveying set was IR-scanner «Malakhit-M» which allowed getting thermal images of the underlying surface under 120° viewing angle and temperature sensitivity of 0.2°C. Thermal imager Flir A-325 has a viewing angle of 24°, high sensitivity (0.07°C) and also allows us to measure absolute temperature and has much smaller size compared with “Malakhit-M”. According to the described parameters of the infrared aerial census, the IR-equipment registers walruses, seals and their calves very well.

In visible range for the surveying was done with three photo cameras with total viewing angle of 74° allowing us to photograph the central part of the swath of IR-scanner “Malakhit-M”. For example, a total swath of 3 photo cameras makes 300 m at the flight height of 200m, while the swath of IR scanner “Malakhit-M” is 680 m. The swathes of the infrared and photo surveys are shown in fig. 1.

Operating quality control of the instrumental surveying and handling (turning on and off of the aerial census equipment) were conducted by a cameraman on board when informed by the researchers or when “hot spots” – surveyed objects – were found on the infrared image. When an instruction is given for surveying was given, three photo cameras began to take pictures synchronized in automatic mode with 2-seconds interval, and it was turned on thermal image recording. Data on the distribution of walruses and seals according to the aerial census are shown in fig. 2.

The surveying of the breeding grounds of the harp seals (*Phoca groenlandica*) was conducted according to the technology described in the study (Черноок и др. 1999). The flight on 19 March covered with the aerial census almost all breeding grounds of the harp seal. Data of this day have become a base for count of

ватил учетной съемкой практически все ценные залежки гренландского тюленя. Данные этого дня явились основой для расчета численности детенышей гренландского тюленя. Хорошие погодные условия 19 марта позволили получить материалы авиасъемки высокого качества. В этот день температура воздуха изменялась от -8 до -5°C, ветер был слабый (до 3 м/сек), безоблачно. Высота полета 210-240 м, скорость 240-260 км/час. Безоблачная погода позволила синхронно с авиасъемкой получить хорошего качества спутниковые снимки с информацией о распределении льда.

pups of the harp seal. Good weather conditions on 19 March allowed us to get aerial census data of the highest quality. This day, air temperature varied from -8°C to -5°C, wind was light (up to 3 m/sec), it was cloudless. Flying height was 210-240 m, speed was 240-260 km/h. Cloudless weather allowed us to get both aerial census data and satellite pictures with information on the sea ice distribution of the highest quality at the same time.

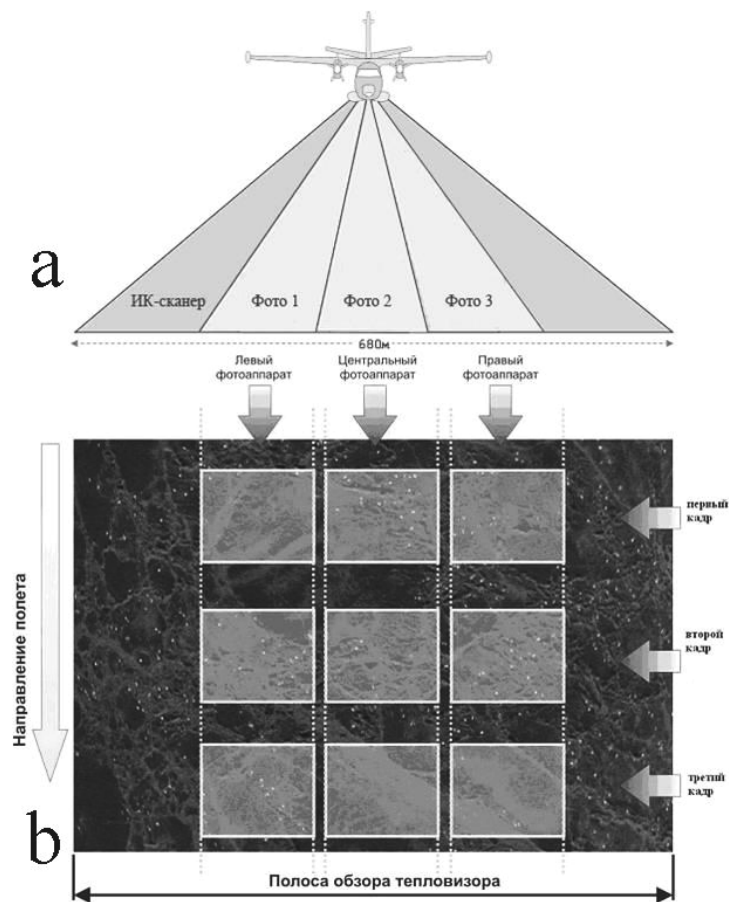


Рис. 1. Схема тепловой и фото съемки самолета-лаборатории Л-410 «Норд» а) полосы обзора ИК+фото аппаратуры, в) площадь закрытия ИК+фотосъемкой подстилающей поверхности

Fig 1. The scheme of the infrared and photo surveys from the airplane lab L-410 «Nord» a) IR swaths + photo equipment; b) the area of IR coverage + photo surveying of the underlying surface

Маршрут полета и плотность распределения гренландских тюленей представлены на рис. 2. Учетные галсы были проложены через 15 км с направлением север-юг. Наиболее плотная часть ценных залежек находилась в центральной части Бассейна. Западная граница ценных залежек была на 37°20', восточная граница залежек была на 39°20'. Протяженность ценных залежек по направлению с востока на запад достигала 80 км, а протяженность по направлению север-юг изменялась в диапазоне 15-60 км. На льдах родовых пятен от щенки не наблюдали. Процесс щенки был полностью закончен. Дете-

Flight route and density of distribution of the harp seals are shown on the Picture 2. Count transects were laid in 15 km with direction to north-south. The most massive part of the breeding grounds was situated in 37°20', the eastern edge of the breeding grounds was in 39°20'. Length of the breeding grounds from east to west made 80 km and length from north-south varied in range of 15-60 km. On the ice, there were no spots seen after giving birth. Calving was completely finished. Pup still didn't change their coat and didn't go to water. Mating of

ныши еще не начали линять и в воду не сходили. Наблюдала процесс спаривания тюленей. В районе залежек изредка встречались на льду пятна крови от самцовых боев. В южной части распределения ценных залежек наблюдалось много торосов.

seals was observed. In area of grounds, blood stains after male fights were observed on the ice. In the southern part of distribution of the breeding grounds, numerous ice reefs were observed.



Рис. 2. Схема распределения тюленей и моржей в Белом море в период 19-23 марта 2010 г.

Fig. 2. The scheme of distribution of the walruses and seals in the White Sea in the period from 19 to 23 March 2010

Совместная обработка изображений тепловой и фотосъемок залежек тюленей позволила получить данные о численности щенков гренландского тюленя, количестве взрослых тюленей на льду, об их распределении (Черноок и др. 1999). Т.к. было много торосов, ширина учетной полосы (370 м) была меньше чем обычно, чтобы не «терять» детенышей за торосами. Было зарегистрировано в Бассейне аппаратурой (ИК+фото) 2475 детенышей и 4840 взрослых тюленей. Расчетная численность тюленей на плотных залежках в Бассейне составила: 10 4344 детенышей и 2040 94 взрослых. Средняя плотность тюленей на залежках была в 5 раз меньше, чем в теплом 2008 г.

В полете 20 марта были обследованы Горло и Воронка Белого моря. Плотных скоплений тюленей в этом по-

Joint processing of images of infrared and photographic aerial surveys of the seal breeding grounds allowed us to get data on amount of pups of the harp seal, amount of adults on the ice and their distribution (Черноок и др. 1999). As there were numerous ice reefs, width of the surveyed line (370 m) was smaller than usually in order not to “lose” pups behind the ice reefs. With help of the mentioned equipment (IR+photo), there were found 2,475 pups and 4,840 adult seals in the region. Estimated amount of seals on the massive grounds in the region made: 104,344 pups and 204,094 adults. A average density of seals on the grounds was 5 times lower compared with the warm 2008.

During the flight on the 20th March, there were ob-

лете не обнаружено, зафиксированы отдельные животные и несколько разреженных групп тюленей. Расчетная численность гренландских тюленей в Горле Белого моря (на малых плотностях распределения) составила: 4843 детенышей, 9687 взрослых. В Воронке Белого моря по маршруту полета практически не было тюленей. Расчеты по экстраполяции выполнялись по программе «Distar» (Челинцев 2000).

Таким образом, общее количество взрослых тюленей на льду составило 213815 ± 44881 , а численность детенышей беломорской популяции гренландского тюленя составила 109187 ± 28260 .

Атлантические моржи (*Odobenus rosmarus rosmarus*) (3 особи) были зафиксированы 19 марта на фото и тепловой съемке на наиболее плотной части ценных залежек гренландских тюленей. На северной границе залежек в координатах $65^{\circ}39'N/38^{\circ}20'E$ два моржа лежали вместе и рядом наблюдаются на фотографии следы от съеденного ими щенка гренландского тюленя. На южной границе плотной части ценной залежки ($65^{\circ}21'N/38^{\circ}20'E$) зарегистрирован 1 морж (Рис. 3). Площадь занимаемая моржом на ИК изображении была в 4 раза больше, чем у гренландского тюленя, а температура тела моржа была на $18^{\circ}C$ выше температуры льда, на котором находился морж. Температура тела взрослого гренландского тюленя, расположенного недалеко от этого моржа, была выше температуры льда на $12^{\circ}C$. Таким образом по размерам теплового пятна моржа и его температуре можно надежно идентифицировать моржей на ИК-изображениях при многовидовых авиасъемках ластоногих.

Учитывая, что учетная полоса охватывала 3-4% от всей площади залежек, можно предположить, что щенками тюленей в 2010 г. кормилось несколько десятков моржей. Во время наших мартовских авиасъемок в 2007 и 2008 гг. в Белом море мы также наблюдали на ценных залежках отдельных моржей.

Одинокых морских зайцев (*Erignathus barbatus*) мы фиксировали в Бассейне на ценных залежках гренландских тюленей. Зафиксировано этих животных немного. Наибольшая концентрация обнаружена на льдах в южной части Онежского залива (рис. 2). Отличить морского зайца от гренландского тюленя только по ИК-изображению трудно, размеры морского зайца не намного больше гренландского тюленя. Анализ ИК совместно с фотоснимком хорошего разрешения, позволяет надежно идентифицировать морских зайцев на авиаснимках. Работа по подсчету тюленей этого вида пока не закончена, поэтому их численность не приводим.

served Gorlo Strait and Voronka region of the White Sea. During this flight, we didn't find any massive aggregations of seals, we documented separate animals and some dispersed groups of seals. Estimated amount of the harp seals in the Gorlo Strait of the White Sea (with low density of distribution) made: 4,843 pups, 9,687 adults. In the Voronka region of the White Sea, we almost didn't observe any seals by the route. Estimations on extrapolation were made with program "Distar" (Челинцев 2000).

So, total amount of the adult harp seals on the ice made $213,815 \pm 44,881$, while amount of pups of the harp seal in the White Sea took $109,187 \pm 28,260$.

Atlantic walrus (*Odobenus rosmarus rosmarus*) (3 individuals) were found on the 19th March with help of photo and infrared surveys on the most massive part of the breeding grounds of the harp seals. On the northern edge of grounds in coordinates $65^{\circ}39'N/38^{\circ}20'E$, two walrus laid together and near them there were observed spots of the harp seal pup eaten by them. On the southern edge of massive ground part ($65^{\circ}21'N/38^{\circ}20'E$), 1 walrus was registered (Fig. 3). Area occupied by walrus on the IR image was 4 times larger than the area occupied by harp seals, while body temperature of walrus was by $18^{\circ}C$ higher than the ice temperature where was walrus. Body temperature of the adult harp seal located not far from this walrus was by $12^{\circ}C$ higher than the ice temperature. So, one can accurately identify walrus by size of the heat spot of walrus and its temperature on the IR-images when numerous species of pinnipeds are aerially surveyed.

Taking into account that the survey line covered 3-4% of the whole area of grounds, we can suggest that several tens of walrus fed with the seal pups in 2010. During our aerial surveys in March 2007 and 2008 in the White Sea, we also observed separate walrus on the breeding grounds.

We observed separate bearded seals (*Erignathus barbatus*) in water area of the breeding grounds of the harp seals. There were only few of these animals. The biggest aggregation is found on the sea ice in the southern part of the Onega Bay (Picture 2). One can hardly distinguish the bearded seal from the harp seal only with help of IR-image as size of the bearded seal is almost the same as of the harp seal. Analysis of IR survey jointly with photo survey of high definition allowed us to identify the bearded seal on the pictures correctly. Estimation on the amount of these seals is not finished yet so we wouldn't give these data.

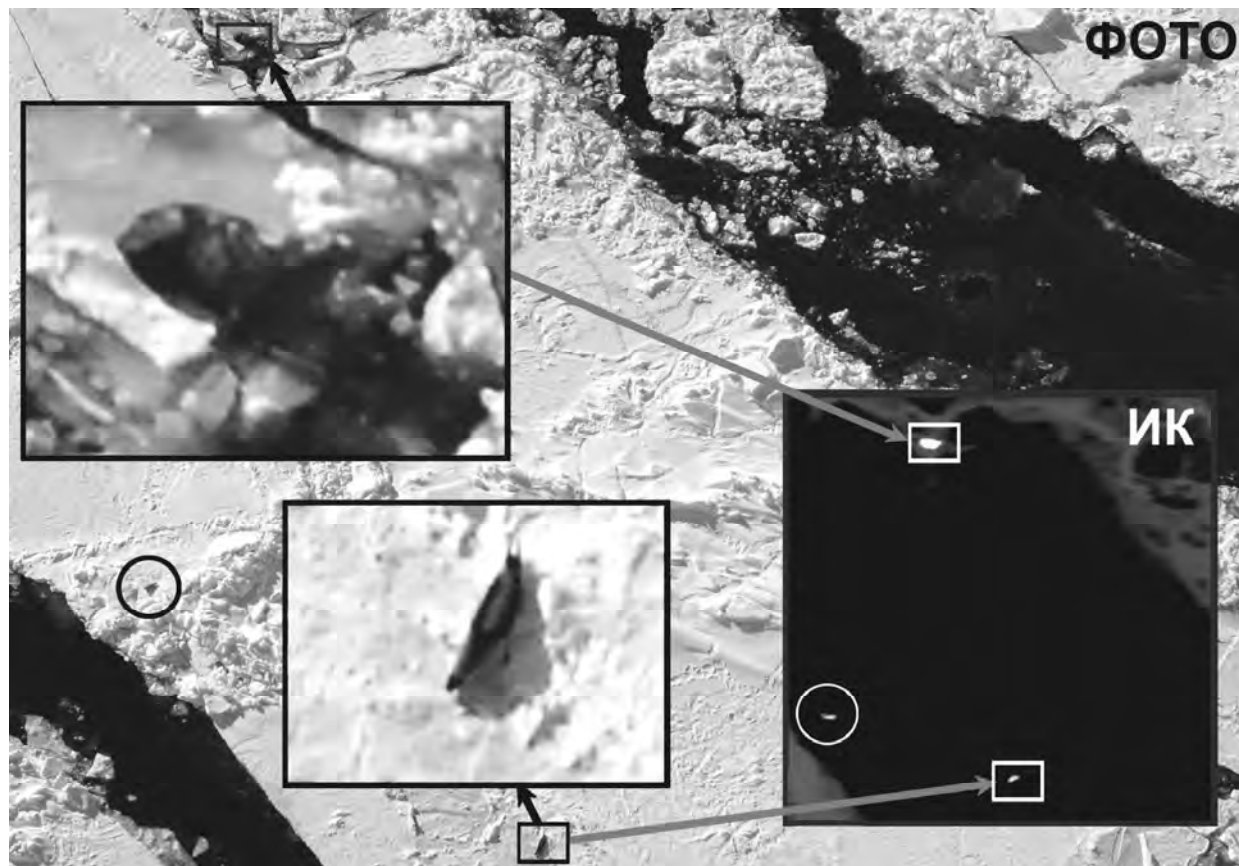


Рис. 3. Комбинированный снимок (ИК+фото) моржа и гренландских тюленей (19 марта, 14:55:58, 65°21'N/38°20'E)

Fig. 3. Joint picture (IR+photo) of walrus and harp seal (on the 19th March, 14:55:58, 65°21'N/38°20'E).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В ходе авиаработ 19-23 марта 2010 г. нами обследована практически вся акватория Белого моря. Проведение многовидовой авиасъемки позволило получить новую комплексную информацию о распределении морских млекопитающих в зимний период. Получен большой объем инструментальных и визуальных данных о ластоногих и белухах, а также о параметрах среды их обитания.
- Вызывает обеспокоенность состояние беломорской популяции гренландского тюленя. Предварительная оценка численности щенков в 2010 г. составила 109187 ± 28260 . Это минимальная численность приплода, зарегистрированная за время проведения инструментальных авиачетов с 1998 по 2010 гг. и в 3 раза меньше, чем в период 1998-2003 гг. Образовавшийся ряд малочисленных приплодов за 2005-2010 гг. приведет к резкому снижению общей численности беломорской популяции вида.

CONCLUSION

- During the aerial surveys from the 19th to the 23rd March 2010, we explored almost all the water zone of the White Sea. The aerial survey of numerous species allowed us to obtain new complex data on distribution of the marine mammals in winter period. We gained a large amount of instrumental and visual data on pinnipeds and belugas as well as parameters of their habitat.
- We are concerned with condition of the harp seal population in the White Sea. Preliminary estimation of the pup amount in 2010 made $109,187 \pm 28,260$. This minimal amount of yield was registered during the instrumental aerial surveys from 1998 to 2010 and is 3 times lower than in the period from 1998 to 2003. Formed series of small yields in 2005-2010 will lead to dramatic reduction of the total amount of the species population in the White Sea.
- The walrus registered on the breeding grounds give ground for more detailed research of this spe-

- Зарегистрированные на ценных залежках моржи дают основания для проведения более тщательного исследования этого вида в это время года в Белом море. Особое внимание следует обратить не только на численность и распределение моржей, но и на их взаимоотношение с гренландскими тюленями.

Авторы выражают глубокую благодарность Челинцеву Н.Г., Соловьеву Б.А., Шпак О.В., Иванову Д.И. за участие в полевых работах и обработке авиасъемочных материалов.

Работа проводилась по Программе «Белуха – Белый кит» ИПЭЭ РАН.

cies in this period of year in the White Sea. Special attention should be paid not only to amount and distribution of the walrus, but also to their interrelations with harp seals.

Authors would like to thank N. Chelintsev, N. Solov'ev, O. Shpak and D. Ivanov for participation in the field research and processing of the data of aerial surveys.

The research was conducted under the Program "Beluga – White whale" of Institute of ecology and evolution of the Russian Academy of Sciences.

Список использованных источников / References

- Челинцев Н.Г. 2000. Математические основы учета животных. М.: Центрохотконтроль. 432 с. [Chelintsev N.G. 2000. Mathematical basis for animal survey. Moscow, 432 p.]
- Черноок В.И. 2009. Результаты инструментального авиамониторинга беломорской популяции гренландского тюленя в 1998-2008 гг. С. 72-77 в Материалы XXVIII Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера», Петрозаводск [Chernook V.I. 2009. Results of instrumental aerial monitoring of the White Sea harp seal population in 1998-2009. Pp. 72-77 in Materials of the XXVIII International Conference "Biological resources of the White Sea and internal waters of the European North". Petrozavodsk].
- Черноок В.И., Васильев А.Н., Мелентьев В.В., Глазов Д.М. 2008. Опыт использования самолета-лаборатории Л-410 для инструментальных авиаучетов морских млекопитающих. С. 132-137 в Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов. Одесса [Chernook V.I., Vasilev A.N., Melentyev V.V., Glazov D.M. 2008. Experience of using specially equipped L-410 airplane for instrumental survey of marine mammals. Pp. 132-137 in Marine mammals of the Holarctic. Collection of scientific papers. Odessa]
- Черноок В.И., Кочнев А.А., Васильев А.Н., Литовка Д.И., Михно И.В., Кудрявцев А.В. 2006. Распределение тихоокеанского моржа (*Odobenus rosmarus divergens*) в российской зоне Берингова моря в апреле 2005-2006 гг. С. 542-546 в Морские млекопитающие Голарктики: Сборник научных трудов. СПб [Chernook V.I., Kochnev A.A., Vasiliev A.N., Litovka D.I., Mikhno I.V., Kudryavtsev A.V. 2006. Distribution of the Pacific walrus (*Odobenus rosmarus divergens*) in Russian part of the Bering Sea in April 2005 and 2006. Pp. 542-546 in Marine Mammals of the Holarctic. Collection of Scientific Papers. SPb.]
- Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Яковенко М.Я. 1999. Мультиспектральная авиасъемка гренландского тюленя. Мурманск: ПИНРО. 73 с. [Chernook V.I., Kuznetsov N.V., Yakovenko M.Ya. 1999. Multispectral aerial survey of harp seals. Murmansk, PINRO, 73 p.]