

Морское собрание. Каталог лучших музейных предметов Музея Мирового океана. 2015. Калининград: Музей Мирового океана, 200 стр. [Maritime Assembly. Catalog of the best museum items of the Museum of the World Ocean. Kaliningrad: Muzei Mirovogo Okeana, 200 p. IN RUSSIAN].

Сивкова С.Г., Байкова И.Б., Зубина Л.В., Стрюк В.Л. 2013. Как вместить Мировой океан в музейное пространство? Вестник ИРГСХА, 57(II):143-149 [Sivkova S.G., Baykova I.B., Zubina L.V., Stryuk V.L. 2013. How to fit the World Ocean into a museum space? Byulleten IRGSKhA, 57(2): 143–149].

Баранов Е.А.¹, Гранин Н.Г.², Макаров М.М.², Муякшин С.И.³, Рядинская Н.И.⁴, Табакова М.А.⁴, Иванов В.О.⁵, Кирилчик С.В.²

Методы изучения состояния популяции байкальской нерпы *Pusa Sibirica Gm.*, исключающие гибель животных

1. ООО “Аквариум байкальской нерпы”, Иркутск, Россия
 2. Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия
 3. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева, Нижний Новгород, Россия
 4. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия
 5. Городская Ивано-Матренинская детская клиническая больница, Иркутск, Россия
-

Baranov E.A.¹, Granin N.G.², Makarov M.M.², Muyakshin S.I.³, Ryadinskaya N.I.⁴, Tabakova M.A.⁴, Ivanov V.O.⁵, Kirilchik S.V.²

Non-lethal methods to study the condition of the Baikal seal, *Pusa sibirica Gm.*, population

1. Baikal Seal Aquarium, Irkutsk, Russia
2. Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
3. Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia
4. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia
5. Municipal Ivano-Matreninsk Children’s Clinical Hospital, Irkutsk, Russia

DOI: 10.35267/978-5-9904294-0-6-2019-1-28-34

Озеро Байкал вмещает в себя 20% мировых запасов пресной воды питьевого качества. Чистота воды во многом поддерживается за счет функционирования уникальной экосистемы, сформировавшейся в течение миллионов лет. Популяция байкальской нерпы играет большую роль в функционировании экосистемы водоема, поскольку занимает важное место в трофической цепи Байкала. По некоторым оценкам, она потребляет более трети годовой продукции коттоидных рыб (Пастухов, 1993). По этой причине сохранение ее популяции в пределах естественной численности является важным условием для сохранения всей экосистемы. В соответствии с этим большое значение имеет информация о физическом состоянии, условиях питания, демографическом составе и других показателях популяции.

Lake Baikal holds 20% of the World’s fresh water of potable quality. The purity of the water is largely supported by the unique ecosystem that has formed over millions of years. The population of Baikal seals plays a substantial role in the lake’s ecosystem, as it occupies an important position in the food chain of this body of water. According to some estimates, seals consume more than a third of the annual production of cottoid fishes (Pastukhov 1993). For this reason, the conservation of the Baikal seal population at the level of its natural abundance is a necessary requirement for the conservation of the entire ecosystem. Accordingly, information on the physical body conditions, feeding habits, demographic composition, and other parameters of the population are of essential significance.

До настоящего времени исследование такого рода ведутся с использованием охотничьей добычи нерп. Определение физического состояния и структуры питания, а также отбор проб крови и тканей для изучения их биохимических показателей производятся на убитых животных. Определение демографических показателей, таких как численность и структура популяции, также имеет необходимым элементом вскрытие трупов убитых нерп.

В последнее время в общественном отношении к диким животным усилились гуманистические тенденции, поэтому возникает вопрос: можно ли проводить достаточно полное изучение состояния популяции байкальских нерп, не прибегая к убийству животных? В данной работе рассматриваются методы исследований, удовлетворяющие таким требованиям.

Те же самые измерения, которые производились до настоящего времени на трупах убитых нерп, предлагается проводить на предварительно отловленных живых особях с последующим их выпуском на свободу. Фиксация производится либо методом анестезии, либо применением механических фиксирующих приспособлений типа кроватки с ремнями (опыт ветеринарной практики «Аквариума байкальской нерпы»). Таким путем можно проводить как измерение морфометрических показателей и состояния организма (Таб. 1), так и количественных и качественных показателей питания в природном обитании (Таб. 2).

Отдельно встает вопрос об отлове нерп для исследований. Выборка отловленных животных должна быть достаточно большой и достаточно репрезентативной в отношении структуры популяции. Вопрос об отлове нерп на Байкале в отношении этих аспектов не решен (за исключением отлова новорожденных детенышей). Отлов ограниченного количества нерп может быть произведен на летних лежбищах. Однако эта выборка не будет соответствовать структуре популяции по физическому состоянию и возрастному составу, поскольку считается, что на этих лежбищах находятся ослабленные животные, не успевшие вылинять в период ледостава (Пастухов, 1993).

Выход, по нашему мнению, – в использовании сетевого лова нерп в осенний период. Известно, что в это время большое количество нерп заходит в зоны мелководья, располагающиеся в заливах Провал, Ангарский Сор и в Чивыркуйском заливе, которые с давних пор являются местами осенней охоты (Пастухов, 1993). Охотничьей добычей являются нерпы, задохнувшиеся в сетях, их количество может составлять несколько сот экземпляров.

To date, such studies have been based on hunted seals. Therefore, data to determine the physical condition and diet structure, as well as blood and tissues samples to study the biochemical parameters, are collected from dead animals. Assessment of demographic parameters, such as population size and structure, requires autopsy of dead seals.

In recent years, public's attitude to wildlife has become increasingly humane, and, therefore the following question arises: Is a comprehensive study of the Baikal seals population possible without slaughtering the animals? In this paper, we discuss the research methods that meet these requirements.

The same measurements, which until now have been carried out on carcasses of killed seals, could to be done on live-captured individuals with their subsequent release. Animals are immobilized using either anesthesia or mechanical fasteners, involving a cot with straps (based on a veterinary experience in the Baikal Seal Aquarium). In this way, the measurements of morphometric parameters, body condition (Table 1), and quantitative and qualitative parameters of food (Table 2), as those in natural habitat, can be obtained.

Live-capture of seals for research is a separate problem. A sample of captured animals should be large enough and sufficiently representative of the population structure. The issue of capturing many seals in Lake Baikal has not been resolved (except for capturing newborn pups). A limited number of seals can be captured at their summer haulout sites. However, this sample will not be representative of the population structure by physical condition and age structure, as these haulouts are believed to be used by weakened animals that did not complete the molt during the freeze-up of the lake (Pastukhov 1993).

In our opinion, the solution is to use nets for capturing seals during autumn period. It is known, at this time a large number of seals enter the shallow waters in the bays of Proval, Angarsky Sor, and in the Chivyrkuysky Bay, which have long been the sites of autumn seal hunt (Pastukhov 1993). In these areas hunters collect seals that have entangled and suffocated in the nets, with their number sometimes reaching several hundreds.

Our idea is to equip these nets with an automatic surfacing device (Fig. 1). As soon as a seal gets entangled in the net, its movements are registered by the accelerometer of the device, which triggers the gas generator located inside the device, which, in turn, inflates the air bags. The segment of the net with the

Таблица 1. Замена посмертных методов на прижизненные при исследовании морфометрических показателей нерп в популяции
 Table 1. Substitution of post-mortem methods of data collection by non-lethal ones to study the morphometry of seals in the population

	Название измерения Measurements	С использованием трупов убитых нерп On dead seals	На отловленных нерпах On live-captured seals
1	Вес, длина и обхват тела Body weight, length, girth	Непосредственно на трупах On dead seals directly	Непосредственно на фиксированных или анестезированных животных On immobilized or anesthetized seals directly
2	Толщина подкожного жира (упитанность) Subcutaneous fat layer thickness (body condition)	Измерение толщины жира при вскрытии животных Determination of fat thickness during autopsy of dead seals	Измерение толщины жира с помощью ультразвукового сканирования Determination of fat thickness by ultrasonic scanning
3	Возраст Age	Извлечение зубов из отрубленных челюстей и подсчет годовых колец на поперечном срезе зуба Extraction of teeth from cut-off jaws and counting of annuli in a cross-section	Экстракция одного зуба у анестезированного животного и подсчет годовых колец на поперечном срезе зуба Extraction of a single tooth from an anesthetized seal and counting of annuli in a cross-section
4	Общие и биохимические показатели крови Hematological and biochemical parameters of blood	Забор крови из внутренних сосудов (не всегда возможно) Blood sampling from internal vessels (not always possible)	Забор крови из периферийных и внутренних сосудов через катетер (доступно всегда) Blood sampling from internal and peripheral vessels with a catheter (always possible)
5	Взятие проб тканей на биохимический и гистологический анализ Sampling of tissues for biochemical and histological analysis	Вскрытие Autopsy	Биопсия Biopsy

Наша идея состоит в том, чтобы оснастить сети устройством автоматического всплытия (Рис. 1). Как только нерпа запутывается в сетях, ее рыбки регистрируются находящимся в составе устройства акселерометром, что вызывает срабатывание находящегося внутри устройства газогенератора, который надувает воздушные мешки. Участок сети вместе с запутавшейся нерпой всплывает, одновременно посылая радиосигнал команде, которая оперативно выпутывает нерпу из сетей.

Для определения численности популяции байкальских нерп являются доступными несколько методов.

entangled seal surfaces, simultaneously sending a radio signal to the research team, who quickly untangle the seal from the net.

Several methods are now available to determine the size of the Baikal seal population.

1. Areal method of counting the number of newborn pups (Pastukhov 1982). This is the currently used method to assess the population abundance. The number of dens in which pups were born is calculated within counting plots, arranged over the area of the lake. The proportion

Таблица 2. Замена посмертных исследований состава питания на прижизненные
Table 2. Substitution of post-mortem methods to study diet structure by intravital ones

	Название измерения Measurements	На убитых нерпах On dead seals	На отловленных нерпах On live-captured seals
1	Содержимое желудка Stomach content	Вскрытие Autopsy	Эндоскопия Endoscopy
2	Содержимое кишечника Gut content	Смыв из препарированного кишечника Washout from dissected intestine	Смывы из кишечника спринцеванием через прямую кишку Washout from intestine by syringing through the rectum
3	Исследование пищевого поведения в природных условиях Study of feeding behavior in natural conditions	Невозможно Impossible	Регистрация объектов добычи в природном обитании с помощью отсоединяемых видеорегистраторов, закрепленных на животном Documenting of prey in the natural habitat using a video recorder attached to animal

1. Площадной метод учета поголовья родившихся детенышей (Пастухов 1982). Это действующий метод. Подсчитывается количество логовищ, в которых родился детеныш, на учетных площадках, распределенных по площади озера. Определяется доля беременных самок в популяции перед рождением детенышей или доля рожавших самок после рождения. Численность популяции рассчитывается из средней численности приплода на единицу площади, умноженной на площадь озера и деленной на долю беременных или рожавших самок в популяции. Однако в части определения числа беременных или рожавших самок метод требует вскрытия самок из охотничьей добычи. Тем не менее, этот недостаток метода можно устранить, если наличие или отсутствие эмбриона определять посредством ультразвукового сканирования живых самок, отловленных с помощью метода, предложенного выше.

2. Так называемый метод экологической ДНК (Wilcox et al., 2016). Анализируется концентрация ДНК данного вида животных, попавшей в воду в результате их жизнедеятельности. Численность может быть определена из величины концентрации ДНК.

3. Метод учета с воздуха (Sharples et al., 2009). С применением летательных аппаратов подсчитывается количество нерп на лежбищах. Далее определяется доля нерп, находящихся на лежбищах, в популяции. Эта доля определяется как доля времени, проводимого нерпами на лежбищах, во всем времени измерений. Для получения последней величины предполагается снабжение предварительно отловленных нерп телеметрическими

of pregnant females in the population before pupping or the proportion of parous females after pupping is estimated. The population size is calculated as the mean number of pups per unit area multiplied by the lake area and divided by the proportion of pregnant or parous females in the population. However, to determine the number of pregnant or parous females, the method requires dissecting of dead females. However, this disadvantage of the method can be eliminated if the presence or absence of embryo is detected by ultrasound

2. The so-called environmental DNA method (Wilcox et al. 2016). It is based on measuring the concentration of DNA of Baikal seals, which could be found in the water as a result of their life activity. The abundance can be calculated from the value of DNA concentration.

3. Aerial survey method (Sharples et al. 2009). The number of seals on the haulouts is counted from an aircraft. Then the proportion of seals on haulouts is determined relative to the total population. This value is estimated as the proportion of time spent by seals on haulouts throughout the survey period. To obtain the latter value, it is proposed to attach special telemetry tracking tags to live-captured seals, equipped with a gauge that measures the time spent outside the water.

4. Hydroacoustic method (Baranov et al. 2004). During the freeze-up period, when seals stay for a long time in the vicinity of their individual dens, all seals present under the ice plot at a time are detected and counted by means of a circular scanning sonar with

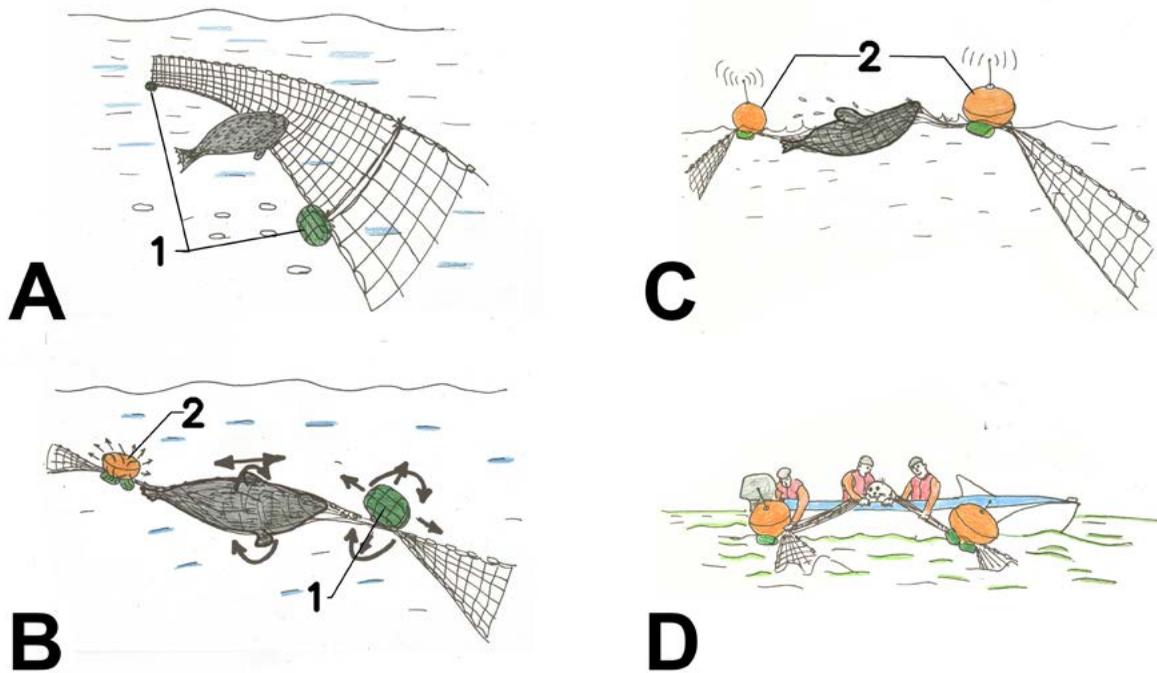


Рис. 1. Схема отлова живых байкальских нерп для исследований. А, В, С, D – этапы отлова
 1 – устройства автоматического всплытия
 2 – воздушные мешки в надутом состоянии

Fig. 1. Scheme of live-capture of Baikal seals for research. (A, B, C, D) Stages of capturing:
 (1) automatic surfacing devices;
 (2) inflated air bags.

устройствами прослеживания, снабженными измерителями времени, которое нерпа провела вне воды.

4. Гидроакустический метод (Баранов и др. 2004). В ледовый период, когда нерпы проживают оседло в окрестностях индивидуальных логовищ, с помощью гидролокатора кругового обзора с погружаемой под лед ультразвуковой антенной производится обнаружение и подсчет всех нерп, обитающих под ледовой площадкой (Рис. 2). Наши исследования показали, что отражающая способность нерп в отношении ультразвука средних частот сравнима с таковой у сиговых рыб, имеющих плавательный пузырь, и гораздо выше, чем у коттоидных рыб, не имеющих плавательного пузыря. Поэтому для подсчета количества нерп, обитающих подо льдом на известной площади, применимы гидролокаторы кругового обзора, которые используются на рыболовецких судах для поиска рыбы. Вместе с нерпой гидролокатор будет также обнаруживать и рыбу, однако благодаря тому, что нерпа постоянно совершает вертикальные перемещения, ее можно по этому признаку выделить среди других объектов. В итоге подсчитываются все

an ultrasonic antenna submerged under the ice (Fig. 2). Our studies have shown that the reflectivity of seals for mid-frequency ultrasound waves is comparable to that of whitefish having the swim bladder, and is much higher than that of cottoid fishes lacking the swim bladder. Therefore, to calculate the number of seals that are present under ice within a known area, a circular scanning sonar, used on fishing vessels to search for fish, is quite applicable. Along with seals, the sonar will also detect fish, but due to the vertical movements frequently made by seals they can easily be distinguished from other objects by this characteristic. As a result, all seals present under a circle-shaped ice plot can be counted. The radius of this circle is limited by the detection range, which is estimated to be 1.5 km. The advantage of the hydroacoustic method over the others is that it allows direct count of the number of seals within a certain area. In other methods applied, some initial value is measured (the number of newborn pups, number of animals on haulouts, or concentration of DNA), which is then used for estimating the number of all seals. This

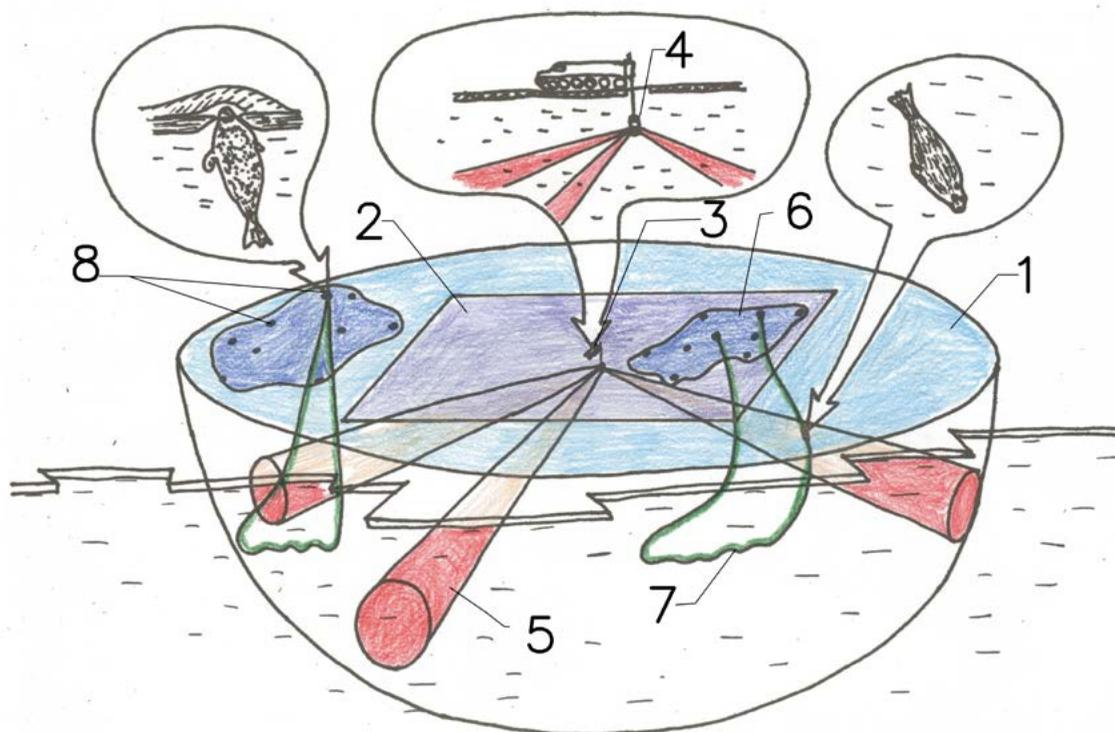


Рис. 2. Схема гидроакустического учета байкальских нерп

1 - площадка гидроакустического учета, круг диаметром 3 км; 2 - площадка $1.5 \times 1.5 \text{ км}^2$ учета поголовья новорожденных нерп (для сравнения); 3 - транспортное средство с гидролокатором; 4 - гидроакустическая антенна; 5 - ультразвуковой луч; 6 - индивидуальный участок обитания нерпы; 7 - траектория ныряния нерпы; 8 - отверстие для дыхания или логовище

Fig. 2. Scheme of hydro-acoustic counting of Baikal seals:

(1) hydro-acoustic area of survey, a circle of 3 km in diameter; (2) $1.5 \times 1.5 \text{ км}^2$ plot for counting newborn pups (for comparison); (3) vehicle equipped with a sonar; (4) hydro-acoustic antenna; (5) ultrasonic beam; (6) individual site inhabited by a seal; (7) diving pattern of a seal; (8) breathing hole or a den.

нерпы, обитающие под ледовой площадкой в форме круга. Радиус этого круга определяется дальностью обнаружения, которая, согласно расчетам, может достигать 1.5 км. Преимущество гидроакустического метода перед остальными состоит в том, что в процессе его применения ведется непосредственное определение количества нерп, находящихся в пределах определенной площади акватории. В ходе применения других методов измеряется некоторая исходная величина (количество рожденных детенышей, количество животных на лежищах или концентрация ДНК), из которой затем рассчитывается количество всех нерп. Данная процедура вносит в определение численности популяции дополнительную погрешность, определение которой представляет собой отдельную и, по-видимому, достаточно сложную задачу. К примеру, в практи-

method introduces an additional error in the assessment of a population size, to calculate which is a separate and, apparently, quite difficult task. For example, in the case counting the number of newborn pups (Pastukhov 1982) this additional error is not present, and only the error the number of pups counts is taken into account.

Summing up the above, we can conclude that the study of the condition and the functioning of the population, currently based on dead seals, could be successfully conducted on live-captured animals with the subsequent release. For this, we propose a method of capturing seals in large numbers with the use of a device for automatic surfacing of nets with entangled seals.

For the assessment of the population size, the unique features of Lake Baikal, such as the complete ice cover

ке применения метода учета поголовья родившихся детенышей (Пастухов, 1982) эта дополнительная погрешность никак не оценивается и приводится только погрешность определения численности детенышей.

Подводя итог сказанному, можно сделать вывод о том, что исследования состояния и функционирования популяции, проводимые в настоящее время на убитых животных, могут не менее успешно проводиться на отловленных животных с последующим выпуском их на волю. Для этого может быть предложен метод массового отлова нерп с использованием устройств автоматического всплытия сетей при запутывании в них нерп.

Что же касается определения численности популяции, то уникальные особенности Байкала, такие как наличие сплошного ледового покрова и оседлое обитание нерп над большими глубинами, позволяют с помощью гидролокатора кругового обзора, опуская ультразвуковую антенну под лед, вести прямой подсчет нерп и определять их численность на Байкале с минимальной погрешностью.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания ЛИН СО РАН №0345-2019-008

and the seals' sedentary lifestyle over great depths, allow us the use of a circular scanning sonar with an ultrasonic antenna (submerged under ice) to directly count seals and determine their number in Lake Baikal with a minimal error.

This work was performed within the framework of the governmental assignment to the Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, no. 0345-2019-008.

Список использованных источников / References

Баранов Е.А., Муякшин С.И., Аношко П.Н., Иванов К.Б. 2004. Измерение отражающих свойств байкальских нерп (*Pusa sibirica*) по отношению к ультразвуковому излучению и перспективы учета нерпы с использованием активной гидролокации В: Морские млекопитающие Голарктики. Сб. тр. III междунар. конф., М.: СММ, 32–36 [Baranov E.A., Muiyakshin S.I., Anoshko P.N., Ivanov K.B. 2004. Measurement of the reflection properties of the Baikal seal (*Pusa sibirica*) in relation to ultrasonic radiation and census prospects using sonar. In: Marine Mammals of the Holarctic. Collection of works of the III Intl. conf., M.: MMC, 32–36].

Пастухов В.Д. 1982. Учет приплода и оценка численности популяции байкальской нерпы. В: Морфо-физиологические и экологические исследования байкальской нерпы (под ред. Пастухова В.Д.), Новосибирск: Наука, с.122–141 [Pastukhov V.D. 1982. Offspring counting and abundance estimation of the Baikal seal population. In: Morpho-physiological and ecological studies of Baikal seal (V.D. Pastukhov, ed.), Novosibirsk: Nauka, p.122–141. IN RUSSIAN]

Пастухов В.Д. 1993. Нерпа Байкала. Новосибирск, Наука, 272 с. [Pastukhov V.D. 1993. The Seal of Baikal. Novosibirsk: Nauka, 272 p. IN RUSSIAN]

Sharples, R.J., Mackenzie, M.L., Philip S., Hammond, P.S. 2009. Estimating seasonal abundance of a central place forager using counts and telemetry data. *Marine Ecology Progress Series*, 378: 289–298.5

Wilcox T.M. et al. 2016. Understanding environmental DNA detection probabilities: A case study using a stream-dwelling char *Salvelinus fontinalis*. *Biological Conservation*, 194: 209–216.