

ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106>**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОПУЛЯЦИИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ (*PUSA SIBIRICA* GM.) В ПЕРИОД НАЧАЛА ФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ЛЕЖБИЩ**

Научная статья

Иванов К.М.^{1,*}, Купчинский А.Б.², Овдин М.Е.³, Петров Е.А.⁴, Сыроватский А.А.⁵, Шабанов Д.Е.⁶^{1, 2, 4} Байкальский Музей Сибирского отделения Российской академии наук, Листвянка, Российская Федерация³ Заповедное Подлеморье, Усть-Баргузин, Российская Федерация^{5, 6} Иркутский филиал Московского технического университета гражданской авиации, Иркутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (videodiver[at]mail.ru)

Аннотация

В условиях потепления климата и связанного с этим изменения ледового режима в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm.) происходят заметные изменения, в частности, увеличивается роль и значение береговых летних лежбищ. Одновременно в связи с усилением антропогенной нагрузки на Байкал (главным образом за счет интенсификации туризма, а также любительского рыболовства) происходит вытеснение животных из мест их обитания, в частности, сокращается количество локаций, пригодных для формирования лежбищ. Целью исследования было выявление действующих лежбищ и локаций потенциально пригодных для их формирования на северо-восточном берегу озера Байкал – наименее подверженному влиянию человека (территория ООПТ «Заповедное Подлеморье»). С этой целью использовались дистанционные, неинвазивные методы исследований, в том числе с применением БПЛА. В результате исследования определены локации участков, пригодных для лежбищ нерп, подтверждены действующие лежбища, оценена численность первых залёжек на Ушканьих островах, а также исследовано влияние БПЛА на поведение животных. Рекомендовано использовать БПЛА в экологических исследованиях и при ледовом учете приплода байкальской нерпы.

Ключевые слова: байкальская нерпа, береговые лежбища, линька, БПЛА.**EXPERIENCE IN APPLICATION OF UAV IN ECOLOGICAL STUDIES OF THE BAIKAL SEAL (*PUSA SIBIRICA* GM.) POPULATION AT THE BEGINNING OF SHORE ROOKERIES FORMATION**

Research article

Ivanov K.M.^{1,*}, Kupchinskii A.B.², Ovdin M.Y.³, Petrov Y.A.⁴, Sirovatskii A.A.⁵, Shabanov D.Y.⁶^{1, 2, 4} Baikal Museum of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Listvyanka, Russian Federation³ Reserved Podlemorye, Ust-Barguzin, Russian Federation^{5, 6} Irkutsk Branch of the Moscow Technical University of Civil Aviation, Irkutsk, Russian Federation

* Corresponding author (videodiver[at]mail.ru)

Abstract

Under the conditions of a warming climate and the associated changes in the ice regime, the lives of the Baikal seal (*Pusa sibirica* Gm.) are undergoing noticeable changes, in particular, the role and importance of shoreline summer rookeries is getting more important. At the same time, due to increasing anthropogenic load on Baikal (mainly because of intensification of tourism and recreational fishing) the animals are displaced from their habitats. In particular, the number of locations suitable for rookeries is reduced. The aim of the study was to identify existing rookeries and locations potentially suitable for their formation on the northeastern shore of Lake Baikal, which is the least exposed to human influence (the territory of SPNR "Zapovednoe Podlemorye"). For this purpose, remote, non-invasive methods of research were used, including the usage of UAV. As a result of the survey, areas suitable for seals rookeries have been located, and the existing rookeries were verified, the number of first haulouts on the Ushkan Islands estimated, the impact of UAVs on animal behavior examined. It is recommended to use UAV in ecological studies and in ice counting of the Baikal seal litter.

Keywords: Baikal seal, shore rookeries, molting, UAV.**Введение**

Байкальская нерпа – единственное водное млекопитающее, замыкающее трофическую цепь оз. Байкал, поэтому состояние её популяции отражает благополучие функционирования всей экосистемы. Большая часть жизни тюленя связана со льдами, что объясняется её северными корнями [1], [2]. Пагетодные черты у нерпы ярко выражены в период деторождения (щенок появляется на свет и выкармливается в снежном логове), а также в период ежегодной линьки, которая в норме продолжается 15-20 дней и происходит на плавающих льдах [3]. После очищения акватории от плавающих льдов нерпы рассеиваются по озеру с целью нагула, однако животные, не успевшие вылинять на льдах, в массе выходят на береговые лежбища, на которых проводят какое-то время. Береговые залёжки нерп могут быть многочисленными [4], [5], [6], однако постоянно функционирующих береговых лежбищ в целом по Байкалу осталось немного, главным образом, в результате высокой интенсивности воздействия антропогенного фактора. Это приводит к противоречию, поскольку в связи с потеплением климата значение берега в жизни нерп возрастает, что выражается как в возникновении новых локаций лежбищ, так и в увеличении массовости береговых залёжек [7], [8]. Какая часть популяции посещает берег за летне-осенний период, неизвестно, но совершенно очевидно, что на берегах, активно осваиваемых человеком (с целью туризма, рекреации и т.п.), существование береговых лежбищ практически

исключено. Примером является практически всё побережье южной части озера вплоть до пролива Ольхонские ворота по западному берегу и до м. Крестовый – по восточному берегу. В такой обстановке лежбища (их список приведен в [7]), расположенные на северо-восточном побережье, не говоря о лежбищах на Ушканьих островах, приобретают особое значение. Буквально в последние годы на примере одного из главных лежбищ нерпы, расположенного на Ушканьих островах, описаны особенности функционирования летнего лежбища – начало и окончание выхода животных на берег, сезонная, суточная динамика численности залёжек, зависимость от уровня воды и т.д., а также обсуждаются возможные причины выхода животных на лежбища [7], [8], [13]. Однако почти нет работ, касающихся описания физических характеристик лежбищ и мест дислокации лежбищ по берегам озера.

Целью настоящей работы была общая оценка локаций потенциально пригодных для формирования береговых залёжек на северо-восточном берегу оз. Байкал с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а также исследование действующих лежбищ. Особое внимание уделено лежбищам Ушканьих островов, первым дням их функционирования (сразу после исчезновения плавающих льдов), как главных и постоянно действующих лежбищ нерпы. Попутно решалась задача возможности использования БПЛА при экологических и этологических исследованиях байкальской нерпы для чего определялась оптимальная высота видео и фотосъемок БПЛА.

Методы и принципы исследования

Выбор метода исследования с применением БПЛА основан на существующей практике их использования при изучении животных, в том числе ластоногих (например, [9], [10]), включая байкальскую нерпу [11]. На сегодня он является лучшим примером неинвазивного метода дистанционного мониторинга популяций диких животных, позволяющим получать оперативную информацию. Съемка северо-восточной береговой линии оз. Байкал проводилась в период с 24 по 31 мая 2022 г. с экспедиционного судна «Профессор А. А. Тресков». Обследован берег, протяженностью 218 км (от м. Большой Чивыркуй до м. Фролиха). Также проведена съемка береговой линии трех Малых Ушканьих островов и Большого Ушканьего острова (16,6 км).

Обследование проводилось как визуально (с помощью бинокля) во время продвижения судна на минимально возможной удаленности от берега (по условиям навигации), так и с помощью БПЛА фирмы «DJI» Mavic 2 Zoom (взлетная масса 905 г) и Air 2 S (взлетная масса 595 г). Подробные технические характеристики аппаратов приведены на сайте производителя. Съемку проводили с высоты 100, 200 и 300 м (в зависимости от конкретных ландшафтных условий), в хорошую погоду (при скорости ветра <10 – 12 м/с); применяли 2-х кратный оптический зум, а также 2-х и 4-х кратный цифровой зум. Характеристики видео: 4К, 25 кадров/с; видео- и фотосъемки фиксировались GPS.

Одной из задач исследования являлась оценка влияния БПЛА на поведение байкальской нерпы (больше в методическом аспекте), для чего БПЛА приближались к объектам съемок на минимальную дистанцию и фиксировалась высота, при которой животные начинали реагировать, и при которой они начинали сходить в воду. Такая работа была проделана как на ледовых (линных) залёжках, так и на береговых лежбищах Ушканьих островов. Материалы фото- и видеосъемок по сути являются полевыми наблюдениями. Анализ отснятого материала проводили на срезах (стоп-кадры видеосъемок переводили в фото). Некоторые данные рассчитаны стандартными методами вариационной статистики (*Exell*, в тексте приведены \bar{X} – среднееарифметические значения, $\pm SE$ – стандартная ошибка; *lim* – минимальное и максимальное значения и *n* – объем выборки). Настоящее сообщение следует рассматривать как предварительное. Более подробный анализ материалов будет проведен в специальной публикации.

Результаты и обсуждение

Из 218 км обследованной береговой линии пригодными для формирования лежбищ признаны 14 % (30 км), а 86% признаны совершенно не пригодными для этой цели. К последним относятся песчаные и мелко-галечные берега, на которые байкальская нерпа практически никогда не выходит [5]. За потенциально пригодные места (локации) для залегания нерп принимались участки берега, покрытые глыбами (размером >100 см) и крупными валунами (50 – 100 см), а также сформированные прибрежными скальными образованиями физически доступными для вылезания животных. Последние, как правило, представляют собой останцы, но нередко образованы в результате осыпей, чему способствуют крутые берега. Примеры информации, получаемой с помощью БПЛА приведены на рисунке 1, как сказано выше подробный анализ этой информации (очень большого объема) будет проведен позже.



Рисунок 1 - Пример аэросъемки береговой линии под крутым берегом (не используемый нерпой) с БПЛА с высоты >200 м

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.1>

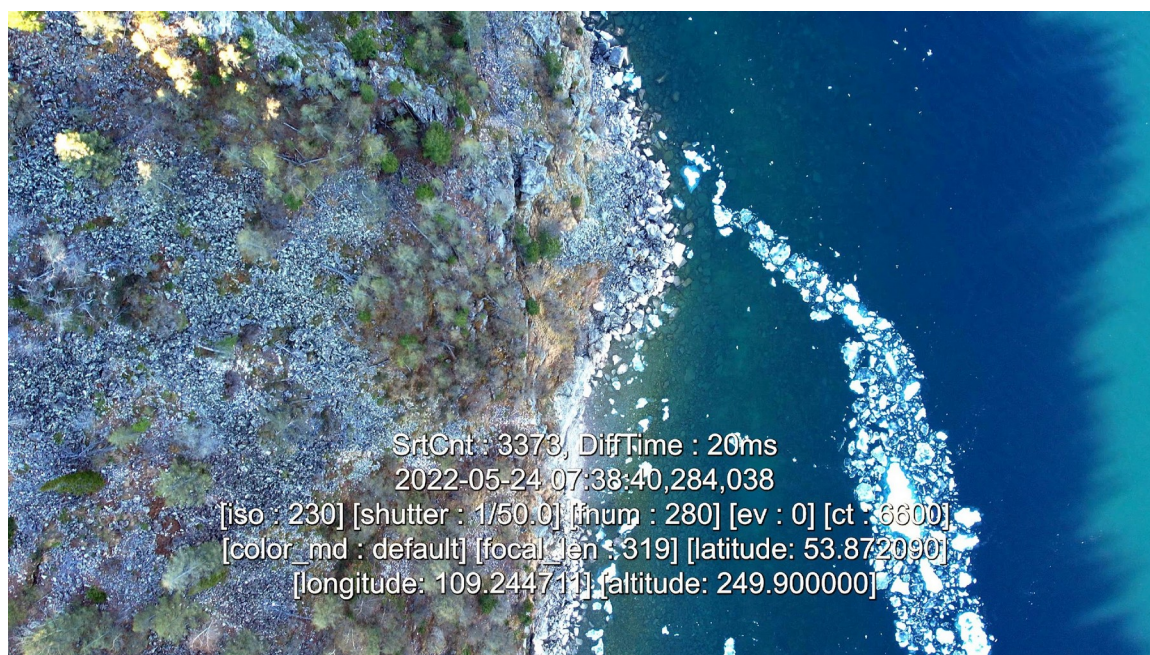


Рисунок 2 - Пример аэросъемки каменистого валунно-галечного берега, пригодного для залёжек с БПЛА с высоты >200 м

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.2>

Кроме протяженности важна и площадь лежбищных участков. Пляжи на северо-восточном берегу Байкала узкие, их ширина редко превышает 70 м, а чаще составляет 15 – 20 м. Кроме этого площадь прибрежной полосы зависит от уровня воды в озере. За время обследования берега уровень воды в Байкале практически не изменился, составляя 456.4 м над у. м. (www.rushydro.ru), однако в течение лета он растет, нередко довольно быстро, составляя к осени 457 м, и заливая значительную площадь береговых лежбищ. Примечательно, что на озере Сайма имеется более 10 000 локаций для устройства береговых залёжек для кольчатой нерпы, из чего делается, на наш взгляд, забавный вывод, что не их число ограничивает размер популяции [12]. При этом оговаривается, что большая часть потенциальных лежбищ расположены на материковой береговой линии, где в течение десятилетий лежбищ было немного. Неоднократно отмечалось, что тюлени из года в год для залёжек используют одни и те же конкретные места (лежбища), что в целом характерно и для байкальской нерпы [5], [7], [13]. Поэтому вероятность освоения новых локаций под лежбища кажется маловероятной. Однако нам представляется, что это не так. Высокая эколого-физиологическая пластичность

байкальской нерпы [14] позволяет предполагать, что в условиях критического антропогенного пресса, когда животные вытесняются со своих исконных мест обитания, освоение новых локаций вполне возможно. И этому есть пример. В августе 2020 г. на восточной стороне о-ва Ольхон мы обнаружили около 20 локаций с залёжками нерп. Почти все они не входят в список известных лежбищ [7] и по сути образовались, как мы полагаем, как реакция популяции на чрезвычайно раннее исчезновение плавающих льдов – субстрата для протекания линьки. Эти новые лежбища нужно рассматривать пока как временные (используемые нерегулярно), поскольку в 2021 году ничего подобного, по нашим сведениям, не наблюдалось. Следует упомянуть отмеченную финскими учеными «привязанность» сайменской нерпы к месту линьки (она линяет на берегу, поскольку лед почти каждый год отсутствует) – 57 % особей через год вернулись к месту прошлогодней линьки [15].

Последние плавающие льды по нашим полевым наблюдениям и спутниковым данным в северном Байкале исчезли 28-29 мая, но неширокие полосы припайного льда на некоторых участках берега сохранялись дольше. Ранее отмечалось, что на берегу нерпы появляются спустя буквально несколько дней после исчезновения льдов [7]. За время обследования береговой линии (24 – 27 мая) нерпы на берегу нигде не зафиксированы, что объясняется ранними сроками съемки – на озере сохранялись достаточно большие площади плавающих льдов, на которых животные продолжали линять.

Известно, что байкальская нерпа, как и многие другие виды ластоногих, устраивают свои лежбища в строго определенных местах. Мы рассмотрим этот вопрос на примере лежбищ, расположенных на Ушканьих островах, до сих пор остающихся главными и, вероятно, самыми массовыми, береговыми лежбищами нерпы. Малые Ушканьи острова (рисунок 2) покрыты низкорослым лесом, они низкие (плоские), скалистые, по берегам окружены подводными и надводными камнями и [16].

Прежде, чем дать характеристику островов необходимо внести ясность в их названия. К сожалению, в публикациях допущена ошибка – некоторые авторы, в том числе и пишущие конкретно об островах, включая нас [6], [7], [11], [12], неверно их называли. Правильные названия островов (и объяснения, почему их так называли, например, Тонкий – потому, что он самый низкий) даны в работе [16] и приведены в подписи к рисунку 3. Ниже мы используем правильные названия, что нужно учитывать читателям.

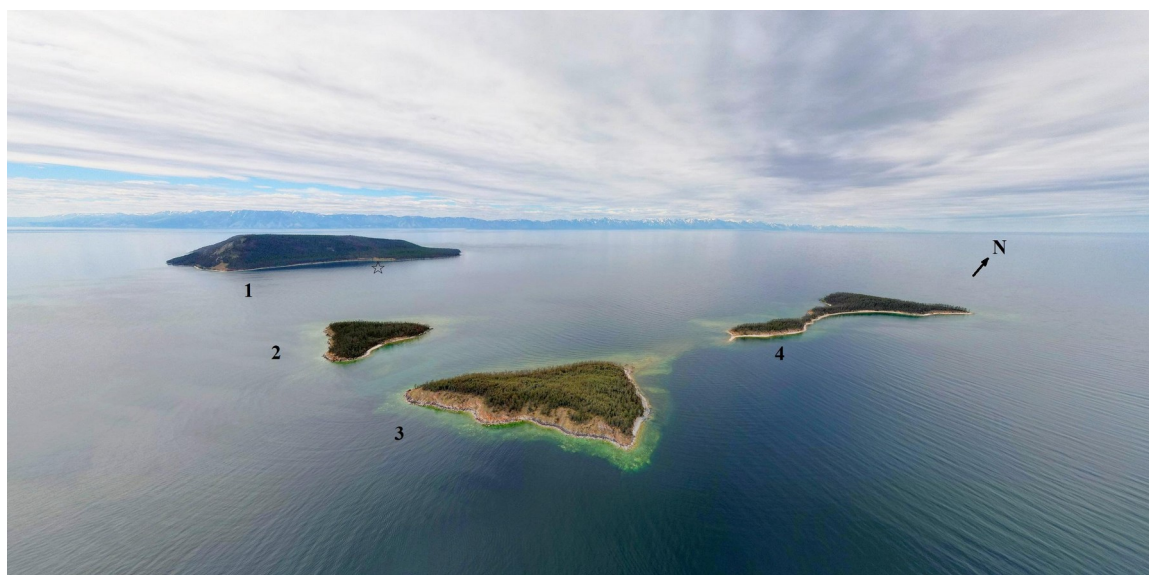


Рисунок 3 - Острова архипелага Ушканьи острова:

1 – Большой, 2 – Круглый, 3 – Долгий, 4 – Тонкий; на горизонте Байкальский хребет (восточный берег оз. Байкал)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.3>

Примечание: снимок с БПЛА с высоты 200 м с северо-востока; по [16]: 2 – Западный (или Тонкий), 3 – Восточный (или Круглый, или Средний), 4 – Северный (или Долгий)

Остров Долгий (рисунок 3, 4, ошибочно – Тонкий) – самый большой из Малых Ушканьих; он вытянут на 1250 м и имеет максимальную высоту (в северной части) 21 м. Несмотря на большую протяженность береговой линии острова (> 3000 м), большую часть берега нерпа не использует даже когда литология представляется нам подходящей. Нерпа залегает практически только на северной стороне острова (рисунок 3), где берег крутой и скалистый. Северо-восточный мыс острова образован первой террасой высотой 7 м. От мыса в озеро, тянется узкая полоска бурунов (волны над подводными камнями) с торчащими из воды камнями (они используются нерпой); большие глыбы мрамора заваливают прибойную полосу вдоль почти всего северного берега острова [16]. Топографически лежбища занимают относительно небольшие участки береговой линии, включая некоторые береговые скалы, но, главным образом, выступающие над водой камни (глыбы) в прибрежной литорали. На рисунке 3 показана береговая линия (пляж) протяженностью около 500 м и участки, используемые нерпой, при уровне воды 456.4 м над у. м.



Рисунок 4 - Лежбищные участки на о-ве Долгий (ошибочно Тонкий):

А – северо-восточная сторона; В – северный выступ

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.4>

Примечание: звездочкой помечен Камушек; в лесу заметна тропа, ведущая к смотровой площадке с защитной стенкой; места лежбищ обведены кругами (фото с БПЛА 29.05.2022 г.; нерп нет)

Береговая линия неширокая (в данном случае её ширина составляет не >10-15 м), пляж невысокий, в основном состоит из галечников и валунов разного размера и при сезонном подъеме воды он полностью затапливаются, значительно сокращая площадь для залегания нерп. При уровне воды выше 457 м (амплитуда сезонного колебания уровня превышает 100 см), практически единственным местом, куда они выбираются, является большой камень (Камушек, см. рисунок 4В). На этом участке установлена видеосистема Байкальского музея, работающая в режиме онлайн, и смотровая площадка, с которой посетители ФГБУ «Заповедное Подлесье» наблюдают за нерпами. Расстояние до свала от наблюдательного пункта 80-90 м. Физическая характеристика упомянутого выше лежбища дана ранее [7], [8].

Во второй половине дня 29 мая вокруг Ушканьих островов плавали несколько десятков нерп, а при облёте северо-восточной стороны о-ва Долгий в воду сошло около 50 особей. В поле зрения упомянутой видеокамеры (и по нашим наблюдениям непосредственно на местности) около 10 ч утра 30 мая на камнях лежали 10 взрослых особей (волосной покров сухой). Среди них одна самка была с бельмом на глазу, одна – с большим шрамом на спине, 78% нерп линяли, 55% – были очень хорошо и хорошо упитанными (по визуальной оценке). В течение дня численность нерп увеличилась – количество животных вокруг острова в воде измерялось одной-двумя сотнями, но на камни (берег) в общей сложности вышло около 50 нерп (температура воздуха составляла +5 °С).

Южнее северного выступа (мыса) по западной стороне острова каменистый берег сменяется низким, но протяженным (почти до южной оконечности острова) песчано-травянистым пляжем, ширина которого местами составляет 50-70 м. За исключением начального 20–30-метрового участка, где имеются валуны и скалы, нерпами он не используется. Пляж переходит в широкую мелководную подводную «платформу», принимающую прибойную волну на себя – подводные камни наблюдаются на расстоянии 60-70 м от берега, и на них иногда залегают единичные особи нерп. Южная оконечность острова покрыта прибрежным галечником, она выдвинута навстречу северному мысу о-ва Круглый, или Средний в виде галечной намывной косы. Белый известняк с прослойками зеленовато-серого сланца создает особую прозрачность воде на перешейке [16]. Этот участок нерпа игнорирует, как и весь восточный берег острова (традиционное место высадки туристов). Подводная коса наложена на каменистое крупновалунное мелководье, связывающее два острова. Глубины в проливе между островами около 1–1,5 м [16], а отдельные камни еще более приближаются к поверхности воды.

Остров Круглый (восточный или Средний, ошибочно – Долгий) следующий по величине в группе Малых Ушканьих островов, отличается округлостью своих очертаний (рисунок 5). Наибольшая высота острова 22 м находится на его западной стороне (там установлен маяк), ширина ≈500 м. Северная оконечность и северо-восточный берег острова в целом галечно-валунные, частично заросшие травой, на небольших участках с крупными камнями формируются обычно не многочисленные залёжки нерп.



Рисунок 5 - Острова Круглый и Тонкий с высоты 300 м

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.5>*Примечание: места лежбищ обведены кругами; фото с БПЛА 29.05.2022 г.*

Литология северного выступа острова хорошо подходит для залегания нерп – там много полузатопленных, удаленных от береговой линии камней и обычно на этом участке бывает много животных. По состоянию на 29 мая 2022 г. большая площадь берега осушена, но нерп там не было, а на примыкающем обширном мелководном перешейке на момент съёмки плавали всего 2 особи. Но уже 30 мая произошел так называемый «привал» и на берегу, камнях в воде и между ними мы насчитали 525 нерп, и 80 особей плавали в воде недалеко (рисунок 6). При высокой воде пляжа практически не остается, и залёжки нерп становятся менее многочисленными.



Рисунок 6 - Северная оконечность о-ва Долгий 30 мая 2022 г.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.6>*Примечание: на фото не менее 600 особей байкальской нерпы (фото с БПЛА)*

Юго-западный берег невысокий, а литораль широкая, пляж довольно широкий, состоит из валунов среднего и крупного размера, но там не бывает залёжек. Только ближе к южной оконечности острова появляются скалистые берега, в урзе воды большое количество огромных скальных форм (не валунов) и ближе к южному мысу не часто, но бывают залёжки. Сама юго-западная оконечность острова обрушилась в воду, в результате под бровкой нижней террасы на 100 м участке берега наблюдаются хаотично нагроможденные остро-реберные глыбы белого и розового мрамора огромных размеров, уходящие глубоко под воду [16]. Многие из них служат субстратом для залёжек нерпы (см. рисунок 5). Залёжек нерп становится больше под высоким, обрывистым южным берегом, который сплошь состоит из огромных камней-глыб, вдоль которых при высокой воде по пляжу невозможно пройти. Примерно такой ландшафт продолжается до юго-восточного конца острова (рисунок 7).



Рисунок 7 - Юго-восточная оконечность о-ва Круглый

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.7>

Примечание: кругами обведены залёжки нерп 30.05.2022 г.; вдали о-в Долгий(Северный); фото с БПЛА с высоты 100 м

В первый день съёмки (29 мая) вдоль южного берега нерпы, вероятно, только появились (отмечены 21 нерпа в воде и 30 – на камнях), а «под маяком» их не было вовсе. Обычно залёжки нерп там бывают регулярно, что нам и продемонстрировала съёмка 30 мая – нерпы появились, но в небольшом количестве (36 в воде и 26 на камнях) (см. рисунок 7).

Остров Тонкий (ошибочно Круглый, см. рисунок 5) самый низкий, его максимальная высота 17 м, но большая часть представляет собой плоскую террасу (высотой 15 м), обрывающуюся в волноприбойную зону [16]. Берег северной оконечности озера состоит из крупных валунов, которые кажутся подходящими для залегания нерп, однако залёжки на них бывают немногочисленными. Северо-западное побережье покрыто относительно некрупными валунами, которые не могут служить субстратом для нерп. Вдоль этого берега идет широкое каменистое мелководье (литораль) совершенно лишенное водной растительности. Ближе к западному мысу берег становится более «каменистым» – некрупные валуны замещаются более крупными и не окатанными камнями-глыбами, раскиданными в том числе на литорали (в воде). На них бывают залёжки нерп, но на момент съёмки (29 мая) вокруг всего острова плавали единичные нерпы, залёжек не было. Южный берег острова очень скалистый, похож на южный берег о-ва Круглый за исключением высоты берега – здесь он намного ниже. Отвесные скалы спускаются от бровки второй террасы почти до самой воды, или же под ними расположены места узкие полосы обвалившихся камней, обтачиваемых волнами [16]. Юго-восточный выступ острова представляет собой очень узкий пляж (шириной 5-8 м), состоящий из горной породы разной степени окатанности и разного размера, вполне подходящего для залегания тюленей.

Байкальская нерпа осторожный зверь и обычно даже на островных лежбищах (не говоря о материковых) формирует залёжки не на самом берегу, а на полузатопленных камнях, лежащих на некотором расстоянии от берега [6]. Только при массовом подходе животных к лежбищам, когда намечается дефицит камней в воде, животные выбираются на берег, не удаляясь от него дальше 5 – 10 м. В подобных же случаях (что пока наблюдается редко) единичные нерпы могут выбираться на прибрежные камни Большого Ушканьего острова [6, с. 33]. В целом при облете БПЛА береговой линии всех Малых Ушканьих островов были обнаружены ≈ 1216 особей (подсчет на стоп-кадрах). Примерно 80 % из них залегали на твердом субстрате, в том числе и непосредственно на береговой линии, но в основном в полу воде (особенно на о-ве Круглый). Остальные нерпы плавали в воде между камнями, много нерп на хорошо просматриваемой литорали на глубине от поверхности до 3–5 м (прозрачность воды высокая). Часть животных перемещались стремительно (так называемое «торпедное плавание»), как при паническом бегстве (хотя паники не наблюдалось). Вокруг островов на расстоянии от 30–50 до 100–200 м наблюдается крутой свал, на фоне которого плавающие нерпы заметны плохо, но они, наверное, там тоже присутствовали. То есть численность нерп, находящихся в момент обследования вокруг островов, несколько больше, чем определена на стоп-кадрах. Нерпы были значительно больше на и в прибрежной мелководной зоне о-ва Круглый, меньшей – о-ва Тонкий, и еще меньше – около о-ва Долгий, на котором смонтирована видеосистема.

30 мая была проведена съемка всей береговой линии о-ва Большой Ушканий и, несмотря на наличие подходящих биотопов (с нашей точки зрения), ни одной нерпы мы не обнаружили не только на берегу, но и в прибрежной акватории. Об отсутствии лежбищ (по крайней мере постоянно действующих) на этом острове известно давно [5], [6].

Наблюдения залёжек на плавающих льдах. Несмотря на большое количество мощных, так называемых, белых льдин, особенно любимых нерпами, которые еще оставались во время наших полевых работ, численность большинства залёжек была небольшой (до нескольких десятков особей) (рисунок 8), и только 2-3 раза мы наблюдали «урганы» (так в литературе о байкальской нерпе называют многочисленные залёжки на льду) численностью >100 голов. Это наблюдение, на наш взгляд, контрастирует с утверждением некоторых исследователей о 135 – 150-тысячной численности популяции нерпы. Отметим, что на последних льдах в 1980-1990-е годы мы нередко наблюдали тысячные залёжки. Можно предположить, что за прошедшие годы изменилось распределение популяции по акватории озера, как это отмечалось ранее [17]. Период линьки (за который мы условно принимаем время от начала ледолома до полного исчезновения плавающих льдов) в северной части озера в 2022 г. был коротким – всего около 10 дней (примерно с 18 по 28 мая), и летом 2022 г. следует ожидать большую численность животных, пожелавших воспользоваться берегом (что и наблюдалось 30 мая на Ушканьих островах).

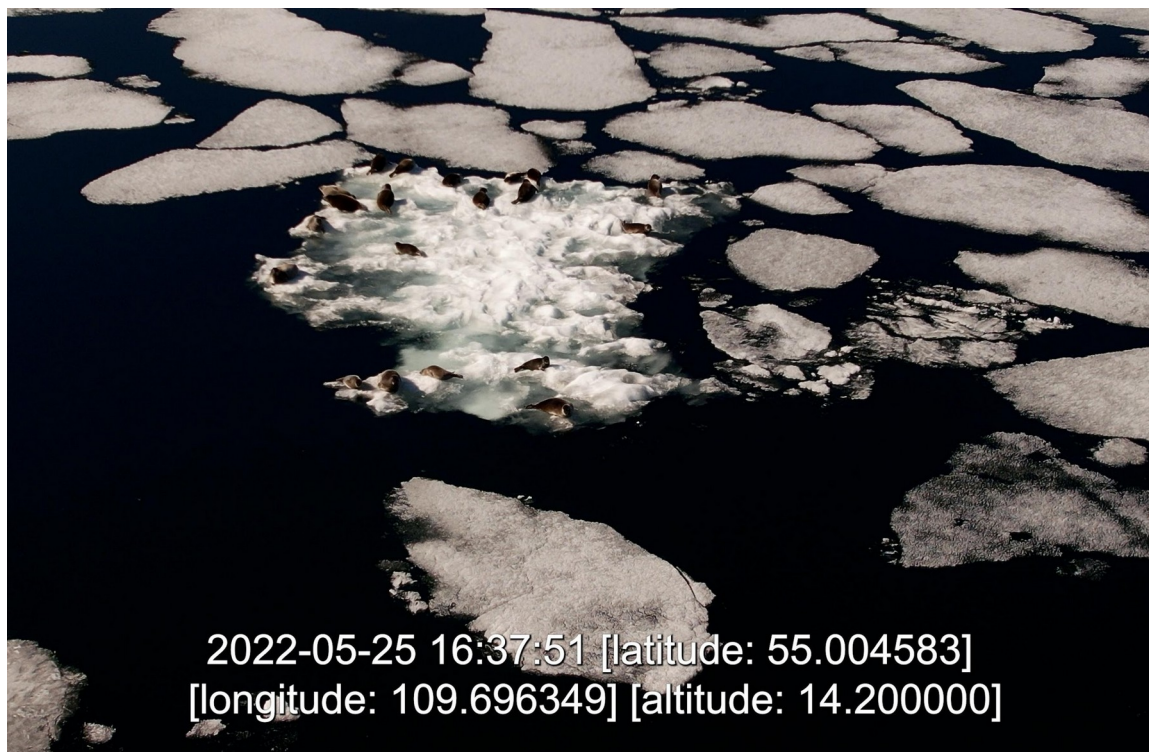


Рисунок 8 - Пример съемки нерпы на плавающих льдах с высоты 14,2 м

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.8>

Примечание: фото БПЛА, 25.05.2022 г.

Значительная часть лежащих на льду байкальских нерп линяли (65%, визуальная оценка). Наблюдение за 9 группами численностью от 4 до 134 особей (средняя $32 \pm 14,4$) показало, что они никак не реагировали на БПЛА пока аппарат находился на высоте >40 м. Когда аппарат находился на высоте от 2,5 до 40 м (в среднем $16 \pm 1,7$ м; $n = 31$), а расстояние до самих нерп составляло от 4-5 до 50-60 м, некоторые животные проявляли беспокойство, прислушивались, меняли позу или не спеша перемещались ближе к краю льдины. При зависании БПЛА непосредственно над группой животных, когда расстояние до нерп равнялось высоте полета (в среднем $11 \pm 1,5$ м; $n = 28$, lim 1,8 – 29,4 м), отдельные особи проявляли любопытство – пытались определить источник шума, они вертели головой по сторонам (остальные члены группы продолжали спокойно спать или заниматься уходом за телом – чесались, ворочались). Только подняв голову вверх и поймав источник шума взглядом, нерпы или принимали настороженную позу (были готовы уйти в воду, но не уходили) или проявляли беспокойство, перемещаясь по льду в сторону края льдины. Единичные нерпы начинали покидать лед, когда БПЛА опускался в среднем на высоту $10,7 \pm 1,29$ м ($n = 28$), но 21 нерпа (n) продолжала лежать на льду, когда аппарат находился на высоте $5 \pm 0,6$ м. Только при зависании БПЛА над нерпами на высоте 1,6 – 2,6 м все животные сходили в воду. По нашим замерам в непосредственной близости от работающих винтов уровень шума составлял около 65dB (для сравнения уровень шума, издаваемого при разговоре шепотом, составляет 30 dB). Возможно, что нерпы реагировали не только на шум, производимый БПЛА, но и на воздушный поток, создаваемый пропеллерами (у используемых моделей они считаются малошумными), о чем можно судить по возмущению водной поверхности. Однако наблюдалось оно далеко не всегда

(в зависимости от высоты и угла подлета). Определенно можно утверждать, что нерпа точно и довольно быстро сходит в воду, когда она увидит аппарат прямо над собой (рисунок 9).

Таким образом, несмотря на известную осторожность, в частности, в отношении человека, байкальская нерпа не очень пугается БПЛА и подпускает его на 2-3 м (немалую роль имеет и умелое пилотирование – полет должен быть плавным и без резких «перегазовок»). Для сравнения каспийские тюлени начинали реагировать на шум винтов (использовались БПЛА «Phantom Professional 3 (4)», весом около 1,5 кг) и сходить в воду при снижении аппарата ниже 40 м [9], а при учёте ларги с помощью «Phantom 4 pro v.2.0» и «Mavic 2 pro» (фирма DJI) тюлени не покидали лежбища при высоте полетов 50 – 70 м [10], критическую высоту полета авторы, по-видимому, не определяли.



Рисунок 9 - Стоп-кадр видеосъемки 24 мая 2022 г.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.9>

Примечание: фото БПЛА, высота 2,5 м

У байкальской нерпы, скорее всего, самая ранняя (первая) реакция на БПЛА возникала у животных, образующих небольшие «урганы» или группы (а не у одиночек). И в этом случае, возможно, срабатывала «коллективная безопасность» – тот случай, когда в составе группы животные обнаруживают опасность (истинную или мнимую) раньше, чем одиночные особи, и тратят меньше времени (усилий) на её обнаружение. Несомненно, наблюдаемое «бесстрашие» нерп также объясняется линькой, во время которой животные вообще неохотно покидают лёд и становятся очень беспечными.

В 2020 г. проводилось обследование Малых Ушканьих островов с использованием БПЛА Mavic PRO (DJI) [11]. Результаты изложены в тезисной форме, из которой мало, что можно извлечь, к тому же некоторые положения в тезисах не соответствуют материалам, представленным на стендовом докладе этих же авторов. Согласно последнему 22-28 июля были проведены 7 облетов, а 7 и 17 августа ещё по одному (время суток не указано); летали на высоте от 30 до 70 м в зависимости от погоды и поведения животных. Общая численность нерп на островах по дням учетов, разумеется, менялась, а максимальная – составляла от 3467 (27 июля) до 308 (8 августа). Авторы подчеркивают очевидный факт, что распределение животных между островами неравномерное, а дальше путаются в названиях островов (смотрите выше), и пишут, что большинство животных находились преимущественно на островах Долгий (правильно – Круглый) – до 48%), и Круглый (правильно Тонкий) – до 77%. Однако, судя по данным, полученным с графиков в докладе, на этих островах за все полеты зафиксировано, соответственно, около 6,5 и 2,5 тыс. нерп, а на о-ве Тонкий (правильно Долгий) – около 6 тыс. При низком уровне воды (456.58 – 456.70 м над у. м., в публикации не указан и не обсуждается) этот результат вполне оправдан, тем более, что средняя численность нерп на всех островах за 9 полетов составила порядка 1500 особей (наш расчет по данным графиков). Добавим, что 1209 особей указаны как максимальное количество нерп на северном берегу о-ва Тонкий (правильно – о-ов Долгий), определенное при визуальном учете с берега (июль-август 2020), при этом среди наблюдаемых нерп 3% имели признаки линьки и 3% – кожные заболевания и патологии [17], что совершенно не соответствует нашим наблюдениям [7].

В заключении приведем результаты визуальной оценки размерно-возрастного состава залёжек на льду (за 21 – 25 мая, $n = 121$ особь) и на береговом лежбище (за 30 мая, $n = 340$ особей), а также степень упитанности животных (в %).

Таблица 1 - Результаты визуальной оценки

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.106.10>

Количество	В залежках на льду, %	В залежках на берегу, %
Линяющих особей	65	59
Половозрелых ($\geq 6^+$ лет)	68	62
Неполовозрелых (4–6 лет)	22	30
Молодых (до 4 лет)	10	8
Очень хорошо упитанных	18	8
Хорошо упитанных	29	38
Нормально упитанных	50	49
Недостаточно упитанных	3	5

На льду по сравнению с береговыми залёжками было немногим больше линяющих особей, а также взрослых и молодых; по упитанности животные практически не различались – хорошо и очень хорошо упитанных нерп было 47 и 46%, соответственно.

Заключение

Обследование северо-восточного берега оз. Байкал с применением БПЛА показало, что локаций, по физическим характеристикам пригодных для формирования береговых залёжек достаточно много, и их недостаток не может лимитировать численность популяции. Невозможность использования локаций, пригодных для формирования лежбищ, из-за негативного антропогенного воздействия на животных, следует расценивать как утрату и разрушение местообитаний, то есть как серьезную угрозу популяции. В настоящее время ежегодно используются только несколько лежбищ, главные из которых расположены на м. Аяя и в одноименной губе, на м. Понгонье и в местечке Кошели (1,5-2 км южнее м. Валукал). Главными лежбищами байкальской нерпы по-прежнему являются малые Ушканьи острова, на которых в отдельные дни могут одновременно скапливаться несколько тысяч особей. Поскольку использование берега частью популяции нерпы является жизненной потребностью [7], необходимо не допускать излишнего антропогенного воздействия на залёжки, усилить охрану этих биотопов и продумать дополнительные меры для минимизации фактора беспокойства. На наш взгляд, одной из действенных мер было бы включение прилегающей к берегам акватории в состав ООПТ, в частности, в границы ФГБУ «Заповедное Подлесье». Кроме оперативного получения качественных данных, в том числе в труднодоступной местности, о численности и характере размещения животных на суше, об особенностях поведения животных и так далее, полученный опыт применения БПЛА дает основание предложить простую модификацию традиционного метода ледового учёта приплода байкальской нерпы. Заменяв обследование учетных площадок с помощью наземной техники (квадроциклов) на относительно недорогой и малогабаритный БПЛА, мы значительно облегчим труд учетчиков, сократим как финансовые затраты, так и время анализа полученных материалов. Использование БПЛА может стать не только основой дистанционного мониторинга состояния популяции байкальской нерпы, но и с успехом применяться при изучении поведения животных.

Благодарности

Авторы благодарят команду экспедиционного судна «Профессор А.А. Тресков» за оказанную помощь при проведении исследований в непростых погодных условиях

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Acknowledgement

The authors express their gratitude to the crew of the expedition vessel "Professor A.A. Treskov" for their assistance in conducting research in difficult weather conditions

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

- Numachi K. Low genetic variability of mitochondrial DNA genome in Baikal seal, *Phoca (Pusa) sibirica* / K. Numachi, H. Sasaki, E. Petrov et al. // Report on «Studies on the animal community, phylogeny and environments in Lake Baikal». – 1994. – Vol. 120. – P. 17–24.
- Sasaki H. The origin and genetic relationships of the Baikal seal, *Phoca sibirica*, by restriction analysis of mitochondrial DNA / H. Sasaki, K. Numachi, M. A. Grachev // Zoological Science. – 2003. – Vol. 20. – P. 1417– 1422

3. Иванов М.К. Кожно-волосной покров байкальской нерпы / Иванов М.К. // Морфофизиологические и экологические исследования байкальской нерпы. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 20–39.
4. Иванов Т.М. Байкальская нерпа, её биология и промысел / Т.М. Иванов // Известия Биолого-географического НИИ при Восточно-Сибирском государственном университете. – Иркутск, 1938. – Т. VIII. – Вып. 1-2. – С. 5–119.
5. Пастухов В.Д. Нерпа Байкала. Биологические основы рационального использования и охраны ресурсов / В.Д. Пастухов. – Новосибирск : Наука, 1993. – 272 с.
6. Петров Е.А. Байкальская нерпа / Е.А. Петров. – Улан-Удэ : Экос. – 2009. – 176 с.
7. Петров Е.А. Значение берега в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788, Pinnipedia) № 3. Функционирование лежбищ байкальской нерпы на о. Тонкий (Ушканьи острова, оз. Байкал) по материалам видео наблюдений / Е.А. Петров, А.Б. Купчинский, В.А. Фиалков и др. // Зоологический журнал. – 2021. – Т. 100. – № 7. – С. 823–840. – DOI: 10.31857/S0044513421070102.
8. Петров Е.А. К вопросу о значении береговых лежбищ в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm.) в условиях потепления климата / Е.А. Петров, А.Б. Купчинский, В.А. Фиалков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 3(105). – Ч. 2. – С. 42–47. – DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.032.
9. Баймуханов М.Т. Метод учета и определения линейных размеров каспийских тюленей (*Pusa caspica*) на лежбищах с помощью мультикоптеров / М.Т. Баймуханов, Л.А. Жданко, Т.Т. Баймуханов и др. // Зоологический журнал. – 2020. – Т. 99. – № 2. – С. 215–222.
10. Нестеренко В.А. Дистанционный учёт ларги на лежбищах архипелага Римского-Корсакова (залив Петра Великого) с помощью беспилотных летательных аппаратов / В.А. Нестеренко, И.О. Катин // Биота и среда природных территорий. – 2021. – № 1. – С. 72–81.
11. Шибанова П.Ю. Первый опыт проведения регулярных учетов численности байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) на летних береговых лежбищах архипелага Ушканьи острова методом видеосъемки беспилотным летательным аппаратом / П.Ю. Шибанова, П.О. Ильина, Т.Д. Глазова и др. // Морские млекопитающие Голарктики : сборник тезисов XI-ой Международной конференции, 01- 05 Марта 2021 г. – Москва. – С. 109.
12. Сипиля Т. Численность популяции кольчатой нерпы (*Phoca hispida saimensis*) Саймы в прошлом и в будущем / Т. Сипиля // Морские млекопитающие Голарктики : сборник научных трудов по материалам IV международной конференции. – 2006. – С. 477.
13. Купчинский А.Б. Первый опыт применения дистанционного мониторинга берегового лежбища байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm.) / А.Б. Купчинский, Е.А. Петров, М.Е. Овдин // Биота и среда природных территорий. – 2021. – № 2. – С. 77–94. – DOI: 10.37102/2782-1978_2021_2_6.
14. Петров Е. А. Байкальская нерпа: эколого-эволюционные аспекты : дис. ... докт. биол. наук : 03.00.16 : защищена 22.10.03 : утв. 06.02.04 / Петров Евгений Аполлонович. – Улан-Удэ, 2003. – 364 с.
15. Биард В. Привязанность сайменской кольчатой нерпы к месту линьки / В. Биард, М. Ныкянен, М. Ниemi и др. // Морские млекопитающие Голарктики : сборник тезисов XI Международной конференции, онлайн, 01- 05 Марта 2021 г. – М. – С. 18–19.
16. Ламакин В.В. Ушканьи острова и проблема происхождения Байкала / В.В. Ламакин. – М.: Географгиз, 1952. – С. 5–170.
17. Петров Е. А. Распределение байкальской нерпы *Pusa sibirica* / Е.А. Петров // Зоологический журнал. 1997. – Т. 76. – №10. – С. 1202–1209.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Numachi K. Low genetic variability of mitochondrial DNA genome in Baikal seal, *Phoca (Pusa) sibirica* / K. Numachi, H. Sasaki, E. Petrov et al. // Report on «Studies on the animal community, phylogeny and environments in Lake Baikal». – 1994. – Vol. 120. – P. 17–24.
2. Sasaki H. The origin and genetic relationships of the Baikal seal, *Phoca sibirica*, by restriction analysis of mitochondrial DNA / H. Sasaki, K. Numachi, M. A. Grachev // Zoological Science. – 2003. – Vol. 20. – P. 1417– 1422
3. Ivanov M. K. Kozhno-volosyanoj pokrov baykal'skoy nerpy [Skin and hair cover of the Baikal seal] / M.K. Ivanov // Morfofiziologicheskiye i ekologicheskiye issledovaniya baykal'skoy nerpy [Morphophysiological and ecological studies of the Baikal seal]. – Novosibirsk : Science, 1982. – P. 20–39. [in Russian]
4. Ivanov T. M. Baykal'skaya nerpa, yeye biologiya i promysel [Baikal seal, its biology and fishing] / T.M. Ivanov // Izvestiya Biologo-geograficheskogo NII pri Vostochno-Sibirskom gosudarstvennom universitete [News of the Biological and Geographical Research Institute at the East Siberian State University]. – Irkutsk, 1938. – Vol. VIII. – №1-2. – P. 5–119. [in Russian]
5. Pastuhov V. D. Nerpa Baykala. Biologicheskiye osnovy ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany resursov [Nerpa of Baikal. Biological bases of the rational use and protection of resources] / V.D. Pastuhov. – Novosibirsk : Nauka, 1993. – 272 p. [in Russian]
6. Petrov E.A. Baykal'skaya nerpa [Baikal seal] / E.A. Petrov. – Ulan-Ude : Ecos. – 2009. – 176 p. [in Russian]
7. Petrov E. A. Znachenie berega v zhizni baykal'skoy nerpy (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788, Pinnipedia) № 3. Funkcionirovaniye lezhbishch baykal'skoy nerpy na o. Tonkiy (Ushkan'i ostrova, oz. Baykal) po materialam video nablyudenyi [The importance of the coast in the life of the Baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788, Pinnipedia) No. 3 (Ushkany Islands, Lake Baikal) based on video observations] / E.A. Petrov, A.B. Kupchinsky, V.A. Fialkov et al. // Zoologicheskij zhurnal [Biology Bulletin]. – 2021. – Vol. 100. – №7. – DOI: 10.31857/S0044513421070102 [in Russian]
8. Petrov E.A. K voprosu o znachenii beregovykh lezhbishch v zhizni baykal'skoy nerpy (*Pusa sibirica* Gm.) v usloviyakh potepleniya klimata [On the issue of the importance of coastal rookeries in the life of the Baikal seal (*Pusa sibirica* Gm.) in a

warming climate] / E.A. Petrov, A.B. Kupchinsky, V.A. Fialkov // *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International research journal]. – 2021. – № 3 (105). – Pt. 2. – P. 42–47. – DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.032. [in Russian]

9. Baimukanov M. T. Metod ucheta i opredeleniya lineynykh razmerov kas-piyskikh tyuleney (*Pusa caspica*) na lezhbishchakh s pomoshch'yu mul'tikopterov [Method for accounting and determining the linear dimensions of the Caspian seals (*Pusa caspica*) on rookeries using multicopters] / M.T. Baimukanov, L.A. Zhdanko, T.T. Baimukanov et al. // *Zoologicheskii zhurnal* [Biology Bulletin]. – 2020. – Vol. 99. – № 2. – P. 215–222. [in Russian]

10. Nesterenko V. A. Dstantsionnyy uchot largi na lezhbishchakh arhipelaga Rimskogo-Korsakova (zaliv Petra Velikogo) s pomoshch'yu bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Remote counting of spotted seals on rookeries of the Rimsky-Korsakov archipelago (Peter the Great Bay) using unmanned aerial vehicles] / V.A. Nesterenko, I.O. Katin // *Biota i sreda prirodnnykh territoriy*. [Biota and environment of natural territories]. – 2021. – № 1. – P. 72–81. [in Russian]

11. Shibanova P. Yu. Pervyy opyt provedeniya regul'yarnykh uchetov chislen-nosti baykal'skoy nerpy (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) na letnikh berego-vykh lezhbishchakh arhipelaga Ushkan'i ostrova metodom videos"yemki bes-pilotnym letatel'nykh apparatom [The first experience of conducting regular counts of the number of the Baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) on the summer coastal haulouts of the Ushkany Island archipelago using the method of video filming by an unmanned aerial vehicle] / P.Yu. Shibanova, P.O. Ilyina, T.D. Glazova et al. // *Morskiye mlekopitayushchiye Golarktiki* [Marine Mammals of the Holarctic] : collection of abstracts of the XI-th International Conference, online, March 01-05, 2021. – Moscow. – P. 109. [in Russian]

12. Sipilya T. Chislennost' populyatsii kol'chatoy nerpy (*Phoca hispida saimensis*) Saymy v proshlom i v budushchem [The population size of the ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) Saimas in the past and in the future] / T. Sipilya // *Morskiye mle-kopitayushchiye Golarktiki* [Marine mammals of the Holarctic] : collection of scientific papers based on the materials of the IV International Conference. - 2006. - P. 477. [in Russian]

13. Kupchinsky A. B. Pervyy opyt primeneniya dstantsionnogo monitoringa beregovogo lezhbishcha baykal'skoy nerpy (*Pusa sibirica* Gm.) [The first experience of using remote monitoring of the coastal haulout of the Baikal seal (*Pusa sibirica* Gm.)] / A.B. Kupchinsky, E.A. Petrov, M.E. Ovdin // *Biota i sreda prirodnnykh terri-toriy* [Biota and environment of natural territories. Thorium]. – 2021. – № 2. – P. 77–94. – DOI: 10.37102/2782-1978_2021_2_6 [in Russian]

14. Petrov E.A. Baykal'skaya nerpa: ekologo-evolyutsionnyye aspekty [Baikal seal: ecological and evolutionary aspects]: dis. ... doc. biol. Sciences: 03.00.16: protected 10.22.03: approved. 02/06/04 / Petrov Evgeny Apollonovich. – Ulan-Ude, 2003. – 364 p. [in Russian]

15. Biard V. Privyazannost' saymenskoy kol'chatoy nerpy k mestu lin'ki [Attachment of the Saimaa ringed seal to the place of molting] / V. Biard, M. Nykänen, M. Niemi et al. // *Morskiye mlekopitayushchiye Golarktiki* [Marine Mammals of the Holarctic] : collection of abstracts of the XI International Conference, online, March 01–05, 2021. – M. – P. 18–19 [in Russian]

16. Lamakin V.V. Ushkan'i ostrova i problema proiskhozhdeniya Baykala [Ushkany Islands and the problem of the origin of Baikal] / V.V. Lamakin. – M.: Geografiz, 1952. – P. 5–170 [in Russian]

17. Petrov E.A. Raspredeleniye baykal'skoy nerpy *Pusa sibirica* [Distribution of the Baikal seal *Pusa sibirica*] / E.A. Petrov // *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. – 1997. – Vol. 76. – №10. – P. 1202–1209. [in Russian]