

УДК: 599.745.31

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ (*PUSA SIBIRICA* GMELIN 1788, PHOCIDAE)

© 2024 г. П. О. Ильина^а, П. Ю. Шибанова^а, М. А. Соловьева^{а, *}, Д. М. Глазов^а,
А. Е. Разуваев^б, В. В. Рожнов^а

^аИнститут проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071 Россия

^бФГБУ “Заповедное Подлеморье”, Усть-Баргузин, 671623 Россия

*e-mail: solovjova.m@gmail.com

Поступила в редакцию 07.12.2023 г.

После доработки 06.02.2024 г.

Принята к публикации 12.03.2024 г.

Для отработки метода мониторинга состояния байкальских нерп (*Pusa sibirica* Gmelin 1788) и учета их численности на летних лежбищах с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в июле–августе 2020 и 2021 гг. на островах Тонкий, Круглый и Долгий (архипелаг Ушканьи острова) проведены визуальные учеты и учеты с помощью БПЛА. Максимальное одновременно наблюдаемое количество нерп в 2020 г. составило 3467 особей, в 2021 г. оно было меньше – 1295, общее их количество в 2021 г. также было меньше, чем в 2020 г. В оба года в ходе наблюдений количество нерп на лежбище постепенно снижалось, что может быть связано с уровнем волнения озера. Вопреки распространенному мнению о том, что самая многочисленная залежка нерп находится на о-ве Тонкий, преобладающее число тюленей зарегистрировано на островах Долгий и Круглый. Даны рекомендации по применению БПЛА, которые могут быть использованы при разработке правил посещения национального парка туристами.

Ключевые слова: байкальская нерпа, *Pusa sibirica*, озеро Байкал, Ушканьи острова, береговые летние лежбища, динамика численности на лежбище, визуальные учеты, учеты с помощью БПЛА

DOI: 10.31857/S0044513424030096, **EDN:** VBWMZH

В жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin 1788), эндемика оз. Байкал, большое значение имеют береговые лежбища, которые она использует в безледный период года (Петров и др., 2021а, 2021б). Такие лежбища расположены на архипелаге Ушканьи острова, включающем острова Большой Ушканый, Тонкий, Круглый и Долгий, и численность нерпы на них в последние десятилетия XX в. в разные годы колебалась от 300 до 3000 особей (Пастухов, 1993; Петров, 1997). Считается, что самая большая залежка нерп находится на о-ве Тонкий (названия островов приведены в соответствии с Реестром Государственного каталога географических названий по Республике Бурятия и Топонимическим словарем “Географические названия озера Байкал и Околобайкалья” (Березовский, 2018)). Для дистанционного мониторинга лежбища в северной части этого острова была установлена видеокамера, что впервые позволило оценить численность нерп и ее изменения на этом лежбище на протяжении нескольких сезонов (Пастухов, Фиалков, 2011; Петров и др., 2021б, 2021в;

Фиалков и др., 2014). По данным видеосъемки 2012, 2014, 2018 и 2019 гг., численность нерп в центральной части лежбища на о-ве Тонкий приближалась к 300 особям (Петров и др., 2021в). Однако камеры, установленные на о-ве Тонкий, охватывают лишь небольшую часть лежбища, и современные данные по численности нерпы на всей территории этого острова, а также на других островах архипелага отсутствуют.

Количество нерп на лежбищах может меняться в широком диапазоне, а факторы, определяющие этот диапазон, не изучены. Кроме того, в последние годы на Ушканьих о-вах растет антропогенная нагрузка: лежбище нерпы посещает всё больше и больше туристических групп. Поэтому изучение динамики численности и состояния залежек на островах представляется актуальным.

С недавних пор для мониторинга состояния и оценки численности популяций различных видов животных, в том числе морских млекопитающих, стали активно использоваться беспилотные

летательные аппараты (БПЛА, коптеры) (Hodgson et al., 2013; Sweeney et al., 2016). В 2022 г. БПЛА были впервые применены для оценки численности нерп на залежках на Ушканьих о-вах в весенний период (Иванов и др., 2022).

Цель нашей работы состояла в отработке метода использования БПЛА для учета байкальской нерпы на летнем лежбище на Ушканьих о-вах, для сравнения результатов, полученных при подсчете животных разными методами, для оценки состояния нерп и изменений их количества на лежбище в период наблюдений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены в периоды с 21 июля по 16 августа в 2020 г. и с 28 июля по 15 августа в 2021 г. на трех из четырех островов архипелага Ушканьи о-ва — Тонкий, Круглый и Долгий (на о-ве Большой Ушканый работу не проводили).

Визуальный учет был проведен только на о-ве Тонкий. На его северном берегу (на других берегах встречи нерп были крайне редки) был проложен маршрут с востока на запад, на котором были определены 11 точек наблюдения, максимально охватывающих область учета, без перекрытия участков, наблюдаемых с соседних точек (рис. 1).

Учетчики двигались по берегу на удалении 5–50 м от уреза воды, под прикрытием кустов и деревьев, чтобы не спугнуть животных с камней и с берега. Нерп, находящихся в воде и лежащих на камнях и берегу, учитывали отдельно. Учеты проводили ежедневно три раза в день, время между началом одного маршрутного учета и началом следующего составляло 5 ч. Продолжительность каждого маршрута составляла от 30 мин до 1 ч в зависимости от количества животных. Чтобы избежать возможного влияния суточной активности нерп на точность учета их числа на лежбище, в 2020 г. было использовано четыре режима маршрутов: 6:00–11:00–16:00 (5 дней), 7:00–12:00–17:00 (6 дней), 8:00–13:00–18:00 (5 дней) и 9:00–14:00–19:00 (5 дней). Поскольку суточной динамики присутствия нерп на лежбище в 2020 г. выявлено не было (коэффициент корреляции Спирмена $R = -0.16$, $p > 0.05$), в 2021 г. большая часть маршрутов была проведена по графику 8:00–13:00–18:00. Всего с визуальными учетами за оба сезона было пройдено 105 маршрутов (63 в 2020 г. и 42 в 2021 г.). Во время учета проводилось фотографирование животных.

При статистической обработке данных визуальных учетов в качестве единицы анализа использовали среднее значение, полученное в течение дня

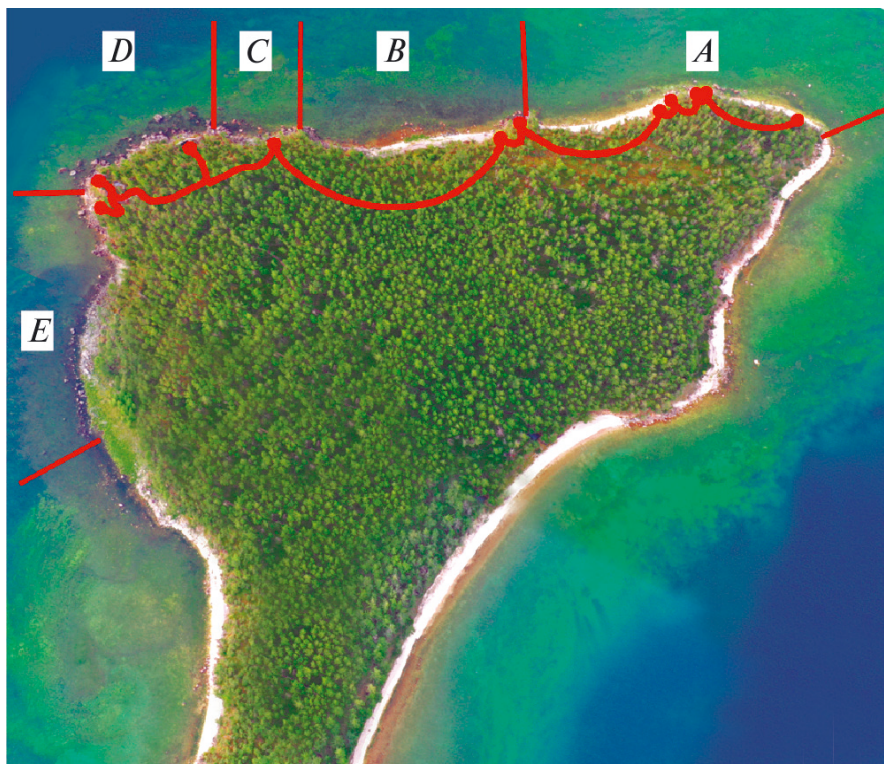


Рис. 1. Маршрут пеших учетов, проложенный по северному побережью о-ве Тонкий. А–Е — сектора, в которых животных подсчитывали преимущественно с одной точки наблюдения. Животных в каждом секторе учитывали отдельно.

за три маршрутных учета. Это же значение было использовано в качестве единицы анализа для оценки влияния абиотических факторов на число нерп на лежбище.

Во время учета, а также по фотографиям, сделанным во время учетов, кроме общего числа нерп, регистрировали количество недолинявших нерп (их отличало наличие рыжих участков шерсти на теле), а также количество больных (с явными признаками болезней глаз или кожи) и раненых (с заметными ранами и шрамами) животных. Во время каждого маршрута учетчики отмечали погодные условия — направление ветра по визуальным наблюдениям и уровень волнения озера визуально по шкале Бофорта.

Учеты с помощью БПЛА были проведены на островах Тонкий, Круглый и Долгий. В 2020 г. был использован квадрокоптер DJI Mavic PRO (масса 743 г.), в 2021 г. — менее шумный DJI Mavic Air 2 (масса 570 г). Измерение уровня шума приборов в полевых условиях не проводилось. Управление БПЛА и проведение с него непрерывной видеосъемки (4k Ultra HD: 3840×2160) и фотографирования (48 Мп, 8000×6000) нерп осуществлял один и тот же оператор. На островах Долгий и Круглый проводили полный их облет, на

о-ве Тонкий — облет только северной его части, где расположено лежбище нерпы. Во время полета БПЛА находился на высоте 77–100 м над водной поверхностью Байкала (в зависимости от погоды и степени пугливости и настороженности животных), камера охватывала береговую линию и около 30 м открытой воды. При обнаружении многочисленного скопления нерп скорость полета БПЛА снижали до полной его остановки над скоплением, чтобы при обработке полученных видео облегчить подсчет животных. Продолжительность облета каждого из островов составляла 5–10 мин, с учетом подлета и возврата квадрокоптера на базу — до 30 мин. При сильном ветре или дожде БПЛА не использовали. Всего с помощью БПЛА проведено 53 видеозаписи (27 с 22.07 по 18.08.2020 г. и 26 с 29.07 по 15.08.2021 г.): на о-ве Тонком — 20, на о-ве Долгом — 17, на о-ве Круглом — 16; общая продолжительность видеозаписей составила 161 минуту 20 секунд.

Подсчет нерп по полученным видеозаписям проводили независимо три учетчика, каждый из них трижды подсчитывал число нерп на каждой видеозаписи, и в дальнейшем для анализа использовали среднее значение. Животных в воде и на суше учитывали отдельно (рис. 2); в редких случаях, если животные пугались БПЛА и сходили с камней

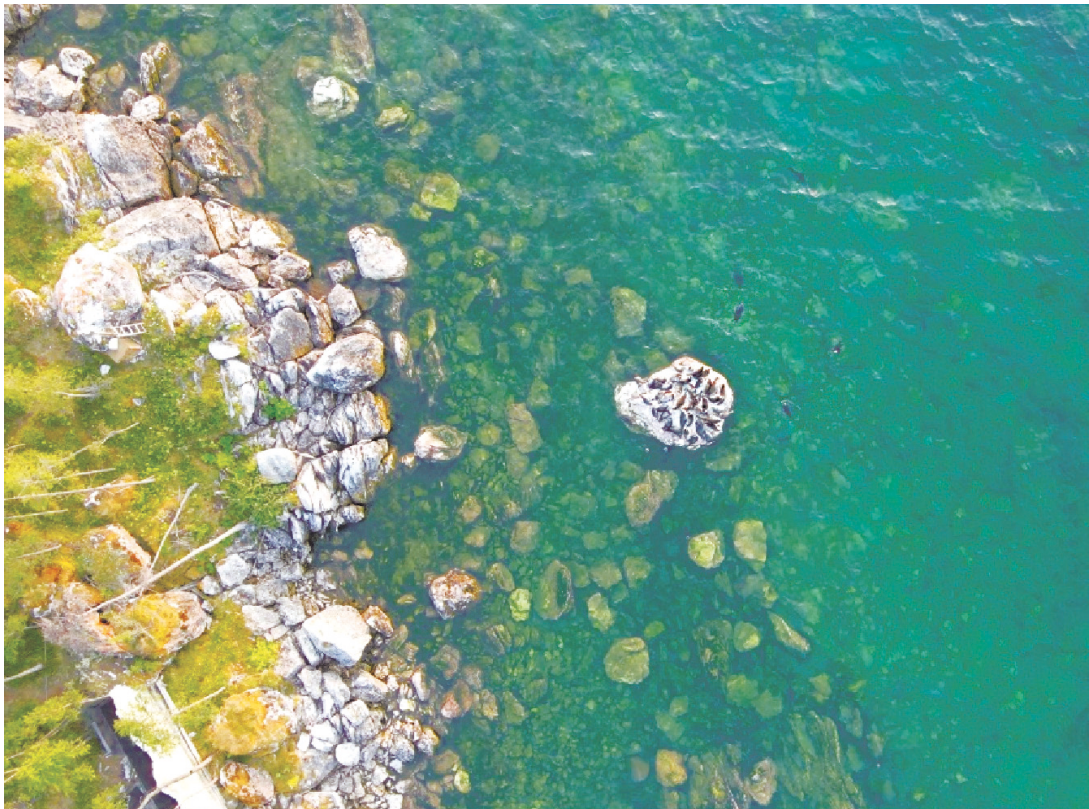


Рис. 2. Фрагмент видеозаписи с БПЛА. Тюлени видны как в воде, так и на суше. Высота съемки — около 50 м.

в воду, если момент схода можно было отследить, то сошедших в воду нерп учитывали до схода, отмечая их как животных на суше. Если момент схода отследить было невозможно, то для данного учета в дальнейшем использовали только суммарное количество животных в воде и на суше. Сравнение результатов учета нерп с помощью БПЛА в 2020 и 2021 гг. проводили суммарно для всех трех обследованных островов, единицей сравнения служило среднее число учтенных нерп за один день.

Для сравнения результатов визуального учета и учета с помощью БПЛА использовали только учеты на о-ве Тонкий, время между проведением которых было менее 2 часов.

Данные по температуре и силе ветра с метеостанции на о-ве Большой Ушканий были взяты с сайта gr5.ru. Для анализа влияния этих факторов на количество нерп были использованы показатели, наиболее близкие по времени к режиму проведения учетов.

Статистический анализ полученных данных и графики выполнены в программе STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc. 1984-2007) и в пакете программ Microsoft office.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Визуальный учет. В 2020 г. среднее количество нерп, учтенных на о-ве Тонкий, составило 268 особей ($SD = 251$, $n = 63$), максимальное их количество (1209 особей) зарегистрировано 29.07.2020 г. В 2021 г. среднее количество нерп составило 124 особи ($SD = 78$, $n = 42$), максимальное количество (303) зарегистрировано 2.08.2021 г. Количество учтенных нерп в 2020 г. достоверно превышало таковое в 2021 г. (критерий Манна – Уитни $U = 970$, $p < 0.05$).

В течение обоих сезонов в спокойные дни (волнение озера по шкале Бофорта менее 3 баллов) на о-ве Тонкий выявлено небольшое снижение количества находящихся на берегу нерп к середине августа (в 2020 г. коэффициент корреляции Спирмена $R = -0.46$, $p < 0.05$, в 2021 г. $R = -0.35$, $p < 0.05$).

Учет с использованием БПЛА. При учете нерп с помощью БПЛА на о-ве Тонкий в 2020 г. среднее количество нерп составило 294 особи ($SD = 297$, $n = 8$), максимальное их количество (886) зарегистрировано 28.08.2020 г. В 2021 г. среднее количество нерп составило 107 особей ($SD = 73$, $n = 12$), максимальное (195) зарегистрировано 14.08.2021 г. Случаи спугивания тюленей во время учетов были редки. В 2020 г. всего было 11 учетов, во время которых тюлени сошли в воду, в 2021 г., когда был использован менее шумный БПЛА, — 7 учетов.

Сравнение полученных данных о численности нерп на одном и том же острове (о-ве Тонкий)

методом визуального учета и учета с помощью БПЛА выявило статистически значимые различия между их количеством на суше (визуальный учет выявляет большее количество животных) (критерий Вилкоксона $T = 6$, $p < 0.05$), а также между суммарным количеством нерп на суше и в воде (критерий Вилкоксона $T = 22$, $p < 0.05$). При этом статистически значимые различия между количеством нерп в воде, полученные этими методами, отсутствуют (критерий Вилкоксона $T = 42$, $p > 0.05$). Однако между данными, полученными при использовании разных методов учета, выявлена статистически значимая корреляция (коэффициент корреляции Спирмена для всех нерп $R = 0.96$, $p < 0.05$; для нерп в воде $R = 0.72$, $p < 0.05$; для нерп на суше $R = 0.94$, $p < 0.05$).

Что касается количества нерп, учтенных суммарно на всех трех островах (такой учет проводился только с помощью БПЛА), в 2020 г. (среднее значение 1516, $SD = 858$) оно значительно превышало такое в 2021 г. (среднее значение 492, $SD = 396$) (критерий Манна – Уитни $U = 11$, $p < 0.05$). Если рассматривать острова отдельно, для о-ва Круглый закономерность сохраняется, для островов Долгий и Тонкий статистически значимых различий не обнаружено (критерий Манна – Уитни для о-ва Долгий $U = 23$, $p > 0.05$; для о-ва Тонкий — $U = 30$, $p > 0.05$).

Максимальное количество нерп при учете на всех трех островах в 2020 г. составило 3467 особей, минимальное — 308 особей. В 2021 г. максимум было насчитано 1295 особей, минимально — 260 (табл. 1).

Минимальные и максимальные количества нерп на разных островах не всегда приходятся на одни и те же даты. Попарный поиск корреляции между числом нерп на разных островах показал ее наличие только между суммарным их числом на о-ве Тонкий и на о-ве Долгий (для 2020 г. корреляция Пирсона, $r = 0.77$, $p < 0.05$; для 2021 г. $r = 0.79$, $p < 0.05$).

Распределение нерп между тремя островами неравномерно: большая их часть находилась на островах Долгий и Круглый (в 2020 г. — в среднем 39 и 45% соответственно, в 2021 г. — в среднем 56 и 33% соответственно) (табл. 1, рис. 3).

Влияние абиотических факторов на количество залегающих нерп. Между уровнем волнения озера и силой ветра существует статистически значимая зависимость (коэффициент корреляции Спирмена $R = 0.52$, $p < 0.05$). Однако во время учетов было 16 дней с сильным ветром и слабым (меньше 3 баллов) уровнем волнения озера и 4 дня — наоборот, со слабым ветром и сильными волнами. Поэтому анализ влияния силы ветра и уровня волнения озера на количество нерп на лежбище проводился отдельно для каждого фактора.

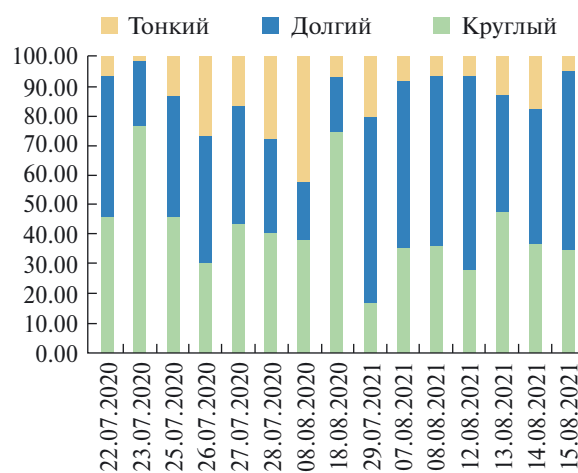
Таблица 1. Количество нерп, учтенных с использованием БПЛА на островах Тонкий, Долгий и Круглый

Дата	О-в Тонкий		О-в Долгий		О-в Круглый		Колич. на всех трех островах
	Время учета	Колич.	Время учета	Колич.	Время учета	Колич.	
22.07.2020	13:56	102	12:03	764	11:25	719	1 585
23.07.2020	11:41	10	12:10	171	15:33	587	768
24.07.2020	*	*	14:07	718	14:00	150	868
25.07.2020	8:15	255	19:25	754	17:28	830	1 839
26.07.2020	8:25	577	12:28	924	12:22	631	2 132
27.07.2020	10:37	305	9:33	701	9:27	769	1 775
28.07.2020	12:21	886	12:00	1 017	11:51	1 283	3 186
08.08.2020	12:22	131	11:05	61	11:00	116	308
18.08.2020	10:34	87	10:11	218	10:06	876	1 181
29.07.2021	19:48	138	16:00	427	16:09	108	673
31.07.2021	9:07	5	*	*	*	*	5
01.08.2021	19:26	108	18:00	131	*	*	239
02.08.2021	19:10	182	*	*	*	*	182
07.08.2021	19:42	107	16:02	733	16:33	455	1 295
08.08.2021	19:29	43	16:24	400	16:39	245	688
10.08.2021	19:37	186	*	*	*	*	186
11.08.2021	19:35	194	*	*	*	*	194
12.08.2021	19:09	16	16:15	172	16:23	72	260
13.08.2021	19:30	86	16:36	259	16:50	311	656
14.08.2021	19:57	195	17:35	492	17:43	395	1 082
15.08.2021	19:02	24	17:13	269	17:35	153	446

* Учет не проводился.

С увеличением уровня волнения озера количество нерп как на суше, так и в воде уменьшалось (рис. 4): в 2020 г. коэффициент корреляции Спирмена для всех нерп $R = -0.59$, $p < 0.05$, для нерп на суше $R = -0.59$, $p < 0.05$, для нерп в воде $R = -0.56$, $p < 0.05$; в 2021 г. коэффициент корреляции Спирмена $R = -0.68$, $p < 0.05$ для всех нерп, для нерп на суше $R = -0.55$, $p < 0.05$, для нерп в воде $R = -0.71$, $p < 0.05$.

В 2021 г. с увеличением силы ветра суммарное количество нерп, а также количество нерп в воде снижалось (коэффициент корреляции Спирмена для всех нерп $R = -0.39$, $p < 0.05$, для нерп в воде $R = -0.35$, $p < 0.05$) (рис. 5). На количество нерп на суше сила ветра не оказывала влияния (коэффициент корреляции Спирмена $R = -0.14$, $p > 0.05$) (рис. 5). В 2020 г. зависимость количества нерп от силы ветра не была обнаружена (коэффициент корреляции Спирмена для всех нерп $R = -0.22$, $p > 0.05$, для нерп на суше $R = -0.24$, $p > 0.05$, для нерп в воде $R = -0.33$, $p > 0.05$).

**Рис. 3.** Общее количество (%) байкальских нерп на островах Тонкий, Долгий и Круглый по данным учета с помощью БПЛА в 2020 и 2021 гг.

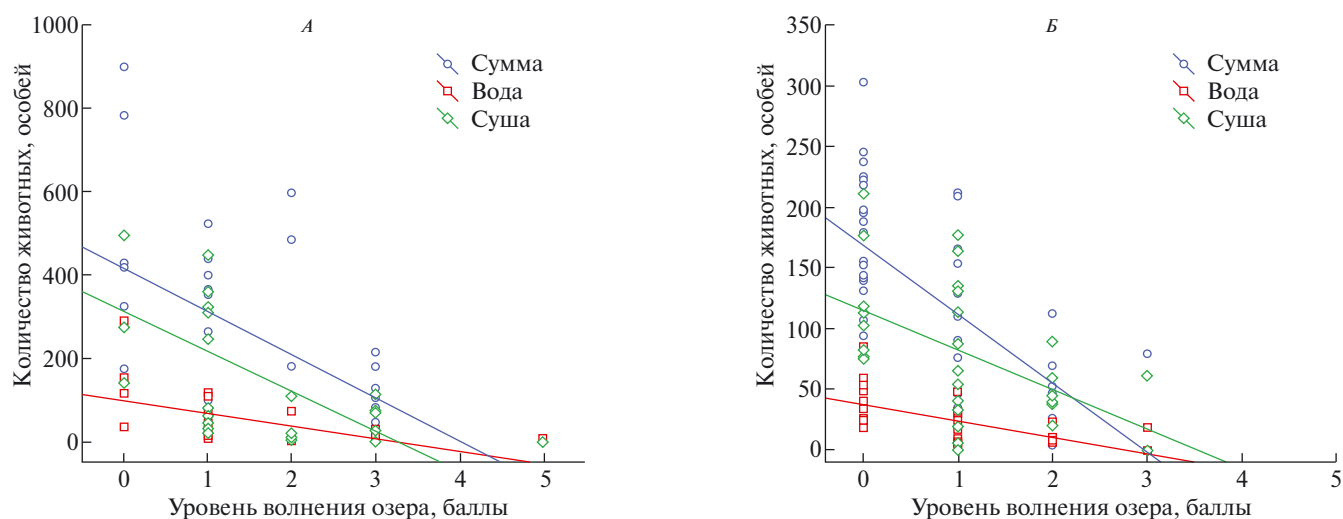


Рис. 4. Количество нерп на о-ве Тонкий на суше и в воде в зависимости от уровня волнения озера по данным визуальных учетов. Цветными линиями отмечены линии тренда. А – 2020 г., Б – 2021 г.

Зависимости количества нерп от температуры воздуха и от направления ветра нами не выявлено: для температуры коэффициент корреляции Спирмена $R = 0.1$, $p > 0.05$ в 2020 г. и $R = -0.17$, $p > 0.05$ в 2021 г.; для направления ветра коэффициент корреляции Спирмена $R = -0.087$, $p > 0.05$ в 2020 г. и $R = -0.13$, $p > 0.05$ в 2021 г.

Состояние животных. На о-ве Тонкий доля нерп, не полностью перелинявших, от количества учтенных нерп в среднем составила 6% (SD = 11.4%) в 2020 г. и 1% (SD = 0.97%) в 2021 г. В 2020 г.

количество неперелинявших животных на этом острове к концу наблюдений уменьшилось (коэффициент корреляции Спирмена $R = -0.48$, $p < 0.05$), в 2021 г. таких изменений обнаружено не было ($R = -0.13$, $p > 0.05$).

Что касается визуально наблюдаемых у животных повреждений, мы встречали на о-ве Тонкий нерп с ранами или шрамами на спине и на шее, с повреждениями лап (например, с отсутствием нескольких когтей), а также нерп с болезнями глаз. Доля нерп с видимыми ранами, кожными патологиями и другими заболеваниями от количества учтенных нерп в среднем составила 4% (SD = 2.9%) в 2020 г. и 6% (SD = 4.7%) в 2021 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные нами исследования с использованием учетов как визуальных, так и с помощью БПЛА показали, что залежки нерп на архипелаге Ушканьи о-ва очень динамичны, а количество животных на них варьировало в широком диапазоне. Данные по численности нерп, полученные на одном и том же острове (о-ве Тонкий) двумя разными методами учета (визуального и с помощью БПЛА), имеют статистически значимые различия: на суше визуальный учет выявляет большее количество животных. Это может быть связано с техническими особенностями просмотра видеозаписей, на которых нерпы на суше зачастую сливаются с камнями. При этом статистически значимые различия между количеством нерп в воде, полученные разными методами, отсутствуют. В условиях прозрачной воды оз. Байкал учет с использованием БПЛА должен давать большее количество животных при

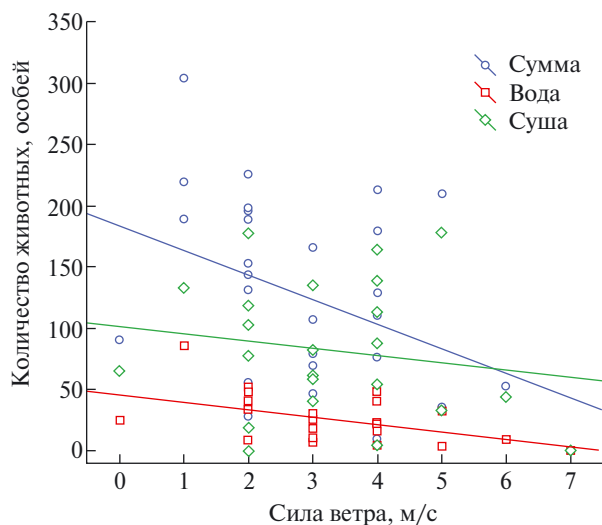


Рис. 5. Количество нерп на суше и в воде в зависимости от силы ветра по данным визуальных учетов на о-ве Тонкий в 2021 г. Цветными линиями отмечены линии тренда.

учете в воде, чем визуальный учет с берега. Однако байкальские нерпы являются достаточно пугливыми животными, и съемка происходит на большой высоте, что вносит погрешность в учет с помощью БПЛА (см. рис. 2).

Учеты с использованием БПЛА по многим параметрам должны давать лучшие результаты по сравнению с визуальными береговыми учетами: этот метод позволяет учесть больше животных в воде, возможен одномоментный учет на разных островах. Однако проведенные нами исследования показывают, что учеты с использованием БПЛА (с достаточно высоким уровнем шума), не позволяют получить статистически отличающиеся результаты. В свою очередь, визуальные учеты позволяют определять состояние животных, выявлять линяющих особей, отмечать иные особенности. В связи с этим мы считаем нецелесообразным в настоящий момент полностью отказываться от визуальных учетов и в дальнейшем рекомендуем сочетать оба метода и совершенствовать методику облета островов.

На островах Тонкий, Долгий и Круглый в периоды учетов суммарное количество нерп варьировало от 260 до 3467 особей. Полученные нами данные о максимальном количестве одновременно учтенных на этих островах нерп в 2020 г. (3467) не противоречат данным других авторов, согласно которым в последние десятилетия численность нерпы на Ушканьих о-вах в разные годы колебалась от 300 до 3000 особей и более (Пастухов, 1993; Петров, 1997; Пастухов, Фиалков, 2011).

Сведения о динамике присутствия нерп на летних лежбищах противоречивы. По одним данным (Пастухов, 1993), частота выхода нерп на лежбища и количество животных на них от июля к сентябрю возрастают, по другим (Петров, 1997) — количество нерп от июня к июлю растет, а к сентябрю снижается. Наши данные подтверждают снижение количества нерп на о-ве Тонкий к середине августа. Они согласуются и с изменениями активности перемещений и распределения животных в летний период (Соловьёва и др., 2020): активность нерп в течение этого периода увеличивается, в середине августа они начинают покидать акваторию Ушканьих о-вов и к концу лета уходят в другие районы Байкала.

Распределение нерп по островам архипелага Ушканьих о-ва оказалось неравномерным. Ранее самой многочисленной считалась залежка на о-ве Тонкий (Пастухов, Фиалков, 2011), поэтому именно здесь была установлена видеокамера для мониторинга состояния популяции байкальской нерпы. Однако наши учеты с использованием БПЛА показали, что преобладающее число нерп находилось на островах Долгий и Круглый. Полученные данные согласуются с результатами учетов, проведенных

в августе 2022 г. (Петров и др., 2023). Суммарная численность нерп на трех исследованных островах Тонкий, Долгий и Круглый по результатам учетов с БПЛА была непостоянна, а изменения их количества на отдельных островах не взаимосвязаны. Так, между количеством нерп на островах Тонкий и Долгий наблюдалась положительная корреляция, что исключает перемещения и перераспределение нерп в летний период только между исследованными островами. По-видимому, нерпы посещают и о-в Большой Ушкань, кроме того, возможен приход на Ушкань о-ва новых животных из других районов озера.

Полученные нами результаты позволяют обсудить те факторы, которые влияют на присутствие нерп на летних залежках. Среди абиотических факторов на количество нерп на лежбище большое влияние оказывает степень волнения оз. Байкал: при сильных волнах, которые окатывают камни, нерпам, по-видимому, сложно удерживаться на камнях и на поверхности воды около берега. Отсутствие животных на лежбищах при высоком уровне волнения озера известно не только для байкальской нерпы (Иванов, 1938; Пастухов, 1993), но и для других видов тюленей — кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) (Агафонова и др., 2007), обыкновенного тюленя (*Phoca vitulina*) (Reder et al., 2003). Что касается других абиотических факторов, в частности температуры воды и воздуха, для байкальской нерпы, как и для кольчатой (Агафонова и др., 2007), нами не обнаружено зависимости числа животных от этих факторов, тогда как у обыкновенного тюленя одни авторы (Reder et al., 2003) такую зависимость выявляют, другие (Schneider, Payne, 1983) — нет. Слабое влияние силы ветра на количество нерп может быть связано с тем, что данные по силе ветра были взяты с метеостанции, расположенной на о-ве Большой Ушкань, и могли слегка отличаться от реальных показателей на месте проведения учетов — о-ве Тонкий. Для получения более точных данных требуются дополнительные исследования, в ходе которых сила ветра будет определена непосредственно на месте при проведении учетов.

Проведенные нами учеты, как визуальные, так и с помощью БПЛА, показали, что количество байкальских нерп на Ушканьих о-вах в 2020 г. значительно превышало таковое в 2021 г. Одна из причин привлекательности этих островов для нерпы — наличие большого количества отдельных выступающих из воды камней, которые животные используют для залегания. Однако возможность использования нерпами камней в значительной степени определяется колебаниями уровня воды в озере (Купчинский и др., 2021). Причиной таких различий могла быть существенная разница в уровне воды в озере во время работ. По нашим наблюдениям, уровень воды в

Байкале в 2021 г. был выше, чем в 2020 г., а, соответственно, доступность камней для залегания нерп ниже, что подтверждается данными Бурятского гидрометцентра: уровень воды в июле — августе 2020 г. составлял 456.70 м в Тихоокеанской системе высот (ТО) а в те же месяцы 2021 г. — 457.01 м ТО.

Другой причиной межгодовых различий в количестве нерп могла быть разная ледовая обстановка. Известно (Иванов, 1938), что раннее разрушение ледового покрова не позволяет тюленям полностью перелинять на льду и в таком случае наблюдается более раннее образование летних залежек. Зима 2019/2020 гг. на Байкале характеризовалась ранними сроками разрушения льда, и, возможно, поэтому летом 2020 г. мы могли наблюдать больше нерп, чем в 2021 г.

Кроме абиотических факторов, на количество нерп на залежках могут влиять и биотические факторы. Хотя реальная доля больных животных может быть выше полученной нами, поскольку не все раны и болезни могли быть нами замечены, а наиболее часто встречающиеся и явные повреждения — травмы и поражения глаз — вероятнее всего вызваны последствиями физических повреждений, состояние популяции с таким количеством больных животных не представляется нам вызывающим опасения.

Наш опыт работы с БПЛА для использования их с целью мониторинга и учета байкальской нерпы позволяет сформулировать рекомендации по дальнейшему развитию этого метода, а также для формирования правил поведения туристов на залежке. Поведенческая реакция байкальских нерп на присутствие БПЛА требует более подробного исследования — характеристики БПЛА (масса устройства, уровень шума пропеллеров), высота полета, погодные условия (наличие ветра, тумана) могут влиять на поведение животных и их реакцию на БПЛА. Также следует отметить возможное изменение реакции животных в разные сезоны, что может быть связано с разной степенью необходимости использования субстрата (берега, льда). Например, в нашей работе в летний период оптимальная высота полета, на которой БПЛА (квадрокоптер DJI Mavic Air 2) не спугивал нерп во время учетов, составила 77–100 м от водной поверхности, в то время как в весеннее время, в период линьки, животные не реагировали на БПЛА (квадрокоптеры DJI Mavic 2 Zoom и DJI Air 2S) на высоте более 40 м (Иванов и др., 2022). Совершенствование метода учета нерп с помощью БПЛА предусматривает определение допустимого уровня шума пропеллеров и использование устройства с высоким разрешением съемки (4k Ultra HD: 3840×2160), так как качество видеосъемки влияет на точность учетов. Для определения оптимальных условий съемки нерп с помощью БПЛА

рекомендуем ориентироваться на первые признаки беспокойства животных, а при анализе поведения группы особей опираться на реакцию самых обеспокоенных животных, которые реагируют в первую очередь (даже одна нерпа, спешно покинувшая залежку, может вызывать реакцию бегства у других особей). БПЛА часто используются туристами для любительской съемки животных, что также создает необходимость создания правил для минимизации влияния съемки на поведение животных или принятия мер по ограничению использования БПЛА в развлекательных целях. Рекомендуется использовать устройства маленького размера (менее 800 г) с низким уровнем шума, при полете избегать резких движений и прекращать съемку при появлении первых признаков беспокойства животных.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии” и его Байкальский филиал, и федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Заповедное Подлесье” за помощь в организации и проведении полевых исследований.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация», ООО «Торговая компания “Байкал Аква”», ОАО «Российские железные дороги» и Фонд «Озеро Байкал».

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

На исследования, проведенные в данной работе, Директива 2010/63/EU не распространяется.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агафонова Е.В., Вережкин М.В., Сагитов Р.А., Сипиля Т., Соколовская М.В., Шахназарова В.Ю., 2007. Кольчатая нерпа в Ладожском озере и на островах Валаамского архипелага. Санкт-Петербург: Изд-во Балтийского Фонда Природы. 61 с.
- Березовский А.Я., 2018. Географические названия озера Байкал и Околобайкалья: Топонимический словарь: Около 7000 географических названий. Красноярск: ИП Азарова Н.Н. 638 с.

- Иванов Т.М., 1938. Байкальская нерпа, ее биология и промысел // Известия Биолого-географического НИИ при Восточно-Сибирском государственном университете. Иркутск. Т. VIII. Вып. 1–2. С. 5–119.
- Иванов К.М., Купчинский А.Б., Овдин М.Е., Петров Е.А., Сыроватский А.А., Шабанов Д.Е., 2022. Опыт применения БПЛА в экологических исследованиях популяции байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm.) в период начала формирования береговых лежбищ // Международный научно-исследовательский журнал. № 8 (122).
- Купчинский А.Б., Петров Е.А., Овдин М.Е., 2021. Первый опыт применения дистанционного мониторинга берегового лежбища байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gm.) // Биота и среда природных территорий. № 2. С. 77–94.
- Пастухов В.Д., 1993. Нерпа Байкала. Новосибирск: Наука. 271 с.
- Пастухов В.В., Фиалков В.А., 2011. Удаленный мониторинг в режиме реального времени на Ушканьих островах оз. Байкал как современный метод исследования байкальской нерпы (*Phoca sibirica* Gmelin) // Байкальский зоологический журнал. № 1. С. 5–9.
- Петров Е.А., 1997. Распределение байкальской нерпы *Pusa sibirica* // Зоологический журнал. Т. 76. № 10. С. 1202–1209.
- Петров Е.А., Купчинский А.Б., Фиалков В.А., Бадардинов А.А., 2021а. Значение береговых лежбищ в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin 1788, Pinnipedia). 1. Обзор // Зоологический журнал. Т. 100. № 6. С. 671–685.
- Петров Е.А., Купчинский А.Б., Фиалков В.А., Бадардинов А.А., 2021б. Значение береговых лежбищ в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin 1788, Pinnipedia). 2. Поведение на лежбищах // Зоологический журнал. Т. 100. № 5. С. 590–600.
- Петров Е.А., Купчинский А.Б., Фиалков В.А., Бадардинов А.А., 2021в. Значение береговых лежбищ в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin 1788, Pinnipedia). 3. Функционирование лежбищ байкальской нерпы на острове тонкий (Ушканьи острова, оз. Байкал) по материалам видеонаблюдений // Зоологический журнал. Т. 100. № 7. С. 823–840.
- Петров Е.А., Купчинский А.Б., Сыроватский А.А., 2023. Ушканьи острова (озеро Байкал), их роль и значение в жизни байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin 1788, Pinnipedia) в современных условиях // Зоологический журнал. Т. 102. № 12. С. 1421–1438.
- Соловьёва М.А., Пилипенко Г.Ю., Глазов Д.М., Петерфельд В.А., Петров Е.А., Рожнов В.В., 2020. Активность перемещений байкальской нерпы по данным спутникового мечения // Труды ВНИРО. Т. 181. С. 92–99.
- Фиалков В.А., Бадаринов А.А., Егранов В.В., Мельников Ю.И., 2014. Байкал в режиме реального времени: технические решения и научно-просветительские задачи // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции (23–30 сентября 2014 г., пос. Листвянка, Иркутская область). Иркутск: Изд-во Института географии имени В.Б. Сочавы СО РАН. С. 476–483.
- Hodgson A., Kelly N., Peel D., 2013. Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: A dugong case study // PLoS ONE. Т. 8. № 11. e79556.
- Reder S., Lydersen C., Arnold W., Kovacs KM., 2003. Haulout behaviour of High Arctic harbour seals (*Phoca vitulina vitulina*) in Svalbard, Norway // Polar Biology. V. 27. P. 6–16.
- Schneider D.C., Payne P.M., 1983. Factors Affecting Haul-Out of Harbor Seals at a Site in Southeastern Massachusetts // J. Mammalogy. V. 64 (3). P. 518–520.
- Sweeney K.L., Helker V.T., Perryman W.L., LeRoi D.J., Fritz L.W., Gelatt T.S., Angliss R.P., 2016. Flying beneath the clouds at the edge of the world: using a hexacopter to supplement abundance surveys of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska // J. Unmanned Veh. Syst. V. 4. P. 1–12.

USING UNMANNED AERIAL VEHICLES TO COUNT THE NUMBERS AND MONITOR THE CONDITION OF THE BAIKAL SEAL (*PUSA SIBIRICA* GMELIN 1788, PHOCIDAE)

P. O. Ilina¹, P. Yu. Shibanova¹, M. A. Solovyeva^{1,*}, D. M. Glazov¹,
A. E. Razuvaev², V. V. Rozhnov¹

¹A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia

²“Zapovednoe Podlemorye” Federal State Establishment, Ust-Barguzin, 671623 Russia

*e-mail: solovjova.m@gmail.com

To develop a method for monitoring the condition of Baikal seals (*Pusa sibirica* Gmelin 1788) and to count their numbers in summer haul-outs using an unmanned aerial vehicle (UAV) in July–August 2020 and 2021 on the islands of Tonkiy, Kruglyi and Dolgiy (the Ushkany Islands archipelago), visual surveys and surveys with UAVs were carried out. The maximum number of seals observed in 2020 was 3467, in 2021 it was less, 1295, and their total number in 2021 was also less than in 2020. During both years of observation, the number of seals in the haul-outs gradually decreased, which might have been due to the wave level on the lake. Contrary to the popular belief the largest seal haul-out being on the Tonkiy Island, the greatest number of seals was recorded on the Dolgiy and Kruglyi islands. Recommendations for the use of UAVs are given, these can also be useful in developing the rules for tourists visiting the national park.

Keywords: baikal seal, *Pusa sibirica*, Lake Baikal, Ushkany Islands, coastal summer haul-outs, population dynamics, visual surveys, surveys with UAVs