



Опыт оценки численности и распределения гусей и казарок на полуострове Таймыр методом авиаучета

С.Б. Розенфельд^{1*}, А.Б. Поповкина², М.Ю. Соловьев², Г.В. Киртаев¹ и Н.В. Рогова³

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Ленинский проспект 33, 119071 Москва, Россия; e-mail: rozenfeldbro@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Ленинские горы 1, стр. 12, 119234 Москва, Россия; e-mail: mikhail-soloviev@yandex.ru

³ Университет Висконсин-Мэдисон, США; e-mail: nrogova@gmail.com

Представлена 3 мая 2023; после доработки 6 октября 2023; принята 11 октября 2023.

РЕЗЮМЕ

Полуостров Таймыр – важнейший регион воспроизводства водоплавающих и околоводных птиц, относящихся как к европейским, так и к азиатским зимовочным популяциям. Уникальность Таймыра в том, что птицы прилетают туда и с запада, и с востока, следуя пятью из восьми глобальных пролётных путей: восточно-атлантическим, черноморско-средиземноморским, западноазиатско-восточноафриканским, центральноазиатским и восточноазиатско-австралийским. Исследование продолжает тему природоохранной орнитологии и рационального использования биоресурсов, поднятую на Первом Всероссийском орнитологическом конгрессе Евгением Евгеньевичем Сыроечковским. В России не существует системы государственного мониторинга популяций гусеобразных птиц, в частности с применением авиаучетов. В 2019 г. с борта сверхлегкого самолёта СТЕРХ 1С, сконструированного нами специально для авиаучетов птиц в Арктике, проведены учеты гусей и казарок в тундровой зоне полуострова Таймыр. Получены новые данные об их численности и пространственном распределении. Обоснована методика построения маршрутов авиаучетов без использования трансект, а также применения ГИС, ДЗЗ и обобщённых аддитивных моделей (GAM) для интерпретации результатов и экстраполяционной оценки численности; создана база данных по результатам авиаучетов (<http://rggsurveys.ru>). Согласно нашей оценке, впервые полученной с использованием статистического моделирования, на Таймыре гнездятся и линяют более 1.5 млн белолобых гусей, около 450 000 гуменников, 78 400 краснозобых казарок и 43 000 пискулек. Сопоставление этих цифр с современными оценками численности мировых популяций этих видов демонстрирует ключевую роль полуострова Таймыр в поддержании популяций редких и хозяйственно значимых видов гусеобразных.

Ключевые слова: авиаучеты, арктические гусеобразные, база данных, мониторинг, Таймыр, экстраполяция

Experience in assessing the abundance and spatial distribution of geese on the Taimyr Peninsula using the aerial survey method

S.B. Rozenfeld^{1*}, A.B. Popovkina², M.Yu. Soloviev², G.V. Kirtaev¹ and N.V. Rogova³

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Leninsky prospect, 33, 119071 Moscow, Russia; e-mail: rozenfeldbro@mail.ru

* Автор-корреспондент / Corresponding author

² *Lomonosov Moscow State University, biological faculty, Leninskie gory, 1/12, 119234 Moscow, Russia; e-mail: mikhail-soloviev@yandex.ru*

³ *University of Wisconsin-Madison, USA; e-mail: nrogoва@gmail.com*

Submitted May 3, 2023; revised October 6, 2023; accepted October 11, 2023.

ABSTRACT

The Taimyr Peninsula is a key region for reproduction of waterfowl of European and Asian wintering populations. The uniqueness of Taimyr is that birds migrate there from both the west and the east, following five out of eight global flyways: East Atlantic, Black Sea/Mediterranean, West Asian/East African, Central Asian, and East Asian/Australasian. The study develops the topic of conservation ornithology and sustainable use of biological resources raised at the First All-Russian Ornithological Congress by Dr. Evgeny Syroechkovsky. Russia lacks the system of state monitoring and assessment of waterfowl populations, in particular with the use of aerial survey methods. In 2019, counts of geese in the tundra zone of the Taimyr Peninsula were carried out from the board of an ultralight aircraft specially designed for aerial surveys. New data on the abundance and spatial distribution of geese were obtained. We substantiated the methodology for the survey flight routing with no transects and the use of GIS, remote sensing, and generalized additive models (GAM) for interpreting the results and extrapolating estimates of goose abundance. A database of the results of aerial surveys was compiled (<http://rggsurveys.ru>). According to our estimate, for the first time made by statistical modeling for the tundra zone of the Taimyr Peninsula, more than 1.5 million White-fronted geese, about 450000 Bean geese, 78400 Red-breasted geese, and 43000 Lesser White-fronted geese nest and moult on Taimyr. Comparison of these figures with modern estimates of the world populations of these species demonstrates the key role of the Taimyr Peninsula in maintaining populations of rare and economically important Anseriformes.

Key words: aerial surveys, Arctic geese, database, monitoring, Taimyr, extrapolation

ВВЕДЕНИЕ

Гуси и казарки – важнейший элемент арктических экосистем, что привлекает к ним внимание биологов всего мира. Гусеобразные всегда играли большую роль в жизни человека, прежде всего в качестве ценного пищевого ресурса. На протяжении тысячелетий гуси и казарки были объектом промысла, в этом качестве они сохраняют своё значение и в наши дни. Обширная территория, разнообразие фауны и федеративное устройство Российской Федерации требуют постоянного совершенствования путей и методов сохранения мигрирующих видов животных. Территория России лежит в пределах трёх крупных миграционных регионов – афро-евразийского, центральноазиатского и восточноазиатского (Deinet et al. 2015), внутри которых гусеобразные мигрируют восемью путями (Сыроечковский [Syroechkovskiy] 2011a). В настоящее время численность большинства видов мигрирующих гусей и казарок, 80–100% мировых популяций которых гнездится в России, неуклонно снижается, особенно в азиатской части ареалов (Syroechkovskiy, Jr. 2006; Cao et al.

2008; Розенфельд и Шереметьев [Rozenfeld and Sheremetyev] 2016). Действующая система особо охраняемых природных территорий в Российской Федерации не обеспечивает решение задач по сохранению и неистощительному использованию мигрирующих водоплавающих птиц, в основном потому, что площади этих территорий ничтожны в масштабе пролетных путей. В большинстве регионов мониторинг состояния популяций либо совсем не ведется, либо учеты проводятся крайне нерегулярно, и их результаты не могут служить источником данных для оценки численности гусеобразных. Объективные данные учетов, причем не многолетних, есть лишь по единичным регионам. Мониторинг динамики численности арктических гусей и казарок на государственном уровне в России полностью отсутствует, что делает невозможным грамотное управление их популяциями. В настоящее время ведение охоты на водоплавающих и ее сроки определяются без учета характера пролета и биотопического распределения редких видов (Резолюция [Resolution]... 2011, 2016). Растет число видов водоплавающих, включенных в Красную книгу



Рис. 1. Самолет СТЕРХ 1С, спроектированный для учетов водоплавающих птиц.

Fig. 1. Aircraft STERKH 1C designed for waterfowl survey.

Российской Федерации [Red Data Book] (2001, 2021). Одна из наиболее эффективных мер, направленных на сохранение мигрирующих популяций редких видов гусеобразных, – ограничение охоты в ключевых местах их остановок на путях миграций и в местах размножения (Baldassare and Bolen 2006); выявление таких мест возможно только на основе результатов регулярных учетов.

Авиаучеты гусеобразных широко применяются только в странах Северной Америки (<https://www.fws.gov/waterfowlsurveys/welcome.jsp>). При участии американских специалистов в России в 1990-х гг. был осуществлен масштабный проект по оценке численности птиц восточного сектора Российской Арктики (Полярков и др. [Poyarkov et al.] 2000). С тех пор попытки оценки численности и моделирования распространения водоплавающих и околоводных птиц предпринимались только по данным наших авиаучетов (Розенфельд [Rozenfeld et al.] и др. 2017; Rozenfeld et al. 2019; Розенфельд и др. [Rozenfeld et al.] 2023), проводимых с 2010 г. в разных регионах Российской Арктики.

Полуостров Таймыр уникален тем, что гнездящиеся там птицы используют 5 из 8 глобальных пролетных путей: восточноатлантический, черноморско-средиземноморский, западноазиатско-восточноафриканский, центральноазиатский и восточноазиатско-австралийский, т.е. все миграционные пути, пролегающие через Евразию (Voere and Stroud 2006). Впервые предпринятая нами попытка оценить обилие ресурсов гусей и казарок на всей территории тундровой зоны Таймыра позволяет обсуждать роль этого региона в поддержании мировых популяций нескольких видов гусеобразных. Целью работы было оценить численность 4 видов арктических гусей и казарок в период летнего пребывания в тундровой зоне полуострова Таймыр. Основные задачи исследования – разработка и апробация методики авиаучетов численности гусей и казарок на полуострове Таймыр; создание системы обработки данных с использованием ГИС; выбор статистического подхода для экстраполяции численности по данным авиаучетов; выявление ключевых мест обитания гусеобразных; создание базы данных по результатам авиаучетов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сроки, маршруты и методика авиаучётов

Авиаучеты проводили в период с 22 июня по 23 июля 2019 г. с борта специально сконструированного для этих целей сверхлёгкого самолёта СТЕРХ 1С (Рис. 1). Даты учётов на каждом из маршрутов указаны на Рис. 2.

Сроки учётов в гнездовой период были спланированы в соответствии со сроками размножения водоплавающих в регионе. Наиболее адекватной можно считать оценку при использовании результатов учетных работ, проведенных в период выращивания птенцов и линьки, т.к. в это время гуси и казарки образуют крупные скопления на водоемах или в непосредственной близости от них (Сыроечковский [Syroechkovskiy] 2013). Учет в более ранние даты осложнен трудностями с обнаружением сидящих на гнездах птиц. В более поздние сроки часть перелинявших птиц уже приобретает способность к полету и может совершать предмиграционные кочевки. Учеты проводили в период линьки неразмножавшихся птиц и в период вождения выводков. Сроки учётов были приурочены к середине периода линьки неразмножавшихся птиц, линяющих раньше, чем размножавшиеся. К этому времени уже происходит вылупление птенцов, и гуси с выводками, хотя некоторые из них еще и не линяют, легко обнаруживаются. На Таймыре пары с птенцами часто держатся вместе с линяющими гусями. Методы экстраполяции для этих категорий птиц не различались.

Авиаобследование территорий корректировали данными о перемещениях 12 краснозобых казарок (*Branta ruficollis* Pallas, 1769), помеченных спутниковыми передатчиками (<https://webgate.ec.europa.eu/life/>). Конкретный график маршрутных учётов определяли, исходя из погодных условий, используя данные сайта <https://www.windy.com/>.

Для выявления приоритетных районов работ нами была собрана и проанализирована информация из литературных источников (Якушкин и др. [Yakushkin et al.] 2012; Летописи природы заповедников Таймыра с 1985 по 2018 г. (Летопись ... [Chronicle...] 1986–2013, 2014–2019) и др.).

Отличие наших методов построения маршрутов учета от «трансектных» методик авиаобследования североамериканских территорий

частично определялись особенностями условий работы в России: необходимостью завоза топлива в отдалённые районы Арктики зимой, отсутствием в районах работ соответствующих целям исследования летательных аппаратов и, соответственно, возможностью проведения учётов единственной командой из 2 человек и т.д. Помимо этого, в Российской Арктике значительная часть трансект пролегла бы над «пустыми» территориями, поэтому был применен метод, ранее успешно зарекомендовавший себя при учетах осенних скоплений птиц в ЯНАО и ХМАО-Югре (Розенфельд и др. [Rozenfeld et al.] 2017), предполагающий предварительную оценку пригодности местообитаний для гусей. Учетные маршруты, общая протяженность которых составила 7420 км, закладывали на выбранных заранее по топографическим картам и данным дистанционного зондирования (снимки Landsat) участках с потенциально пригодными для гусеобразных биотопами (Рис. 2). Протяженность маршрутов и интервалы между ними варьировали в зависимости от местоположения и площади участка, который предполагалось обследовать. Каждый конкретный маршрут прокладывали и корректировали, используя мировую карту погоды и ветра (<http://earth.nullschool.net/#current/wind/isobaric/1000hPa/orthographic=284.54,56.37,705>).

Трек полета записывали с помощью GPS Garmin. Во время учета скорость движения самолета составляла 70–120 км/час, высота полета – 15–50 м. Учет проводили в полосе 800 м с каждого борта самолета, используя бинокль Swarovski 10×42. Места встреч птиц фиксировали с помощью фотокамеры Canon 700 D и GPS (для географической привязки фотографий время на фотоаппарате и GPS навигаторе было синхронизировано, а далее фотографии привязывали к точкам трека в свободно распространяемой программе GEOSSETTER) или Canon EOS 5D MARK IV со встроенным GPS. Фотография была привязана к координате с точностью до 0.001 градуса и к моменту времени с точностью до 1 секунды. Стаи гусей и казарок фотографировали фотокамерой с объективом 100–400 мм с высоты 15–20 м для дальнейшего подсчета числа птиц и определения их видового состава в камеральных условиях. При подсчете использовали решетку, делящую фотогра-

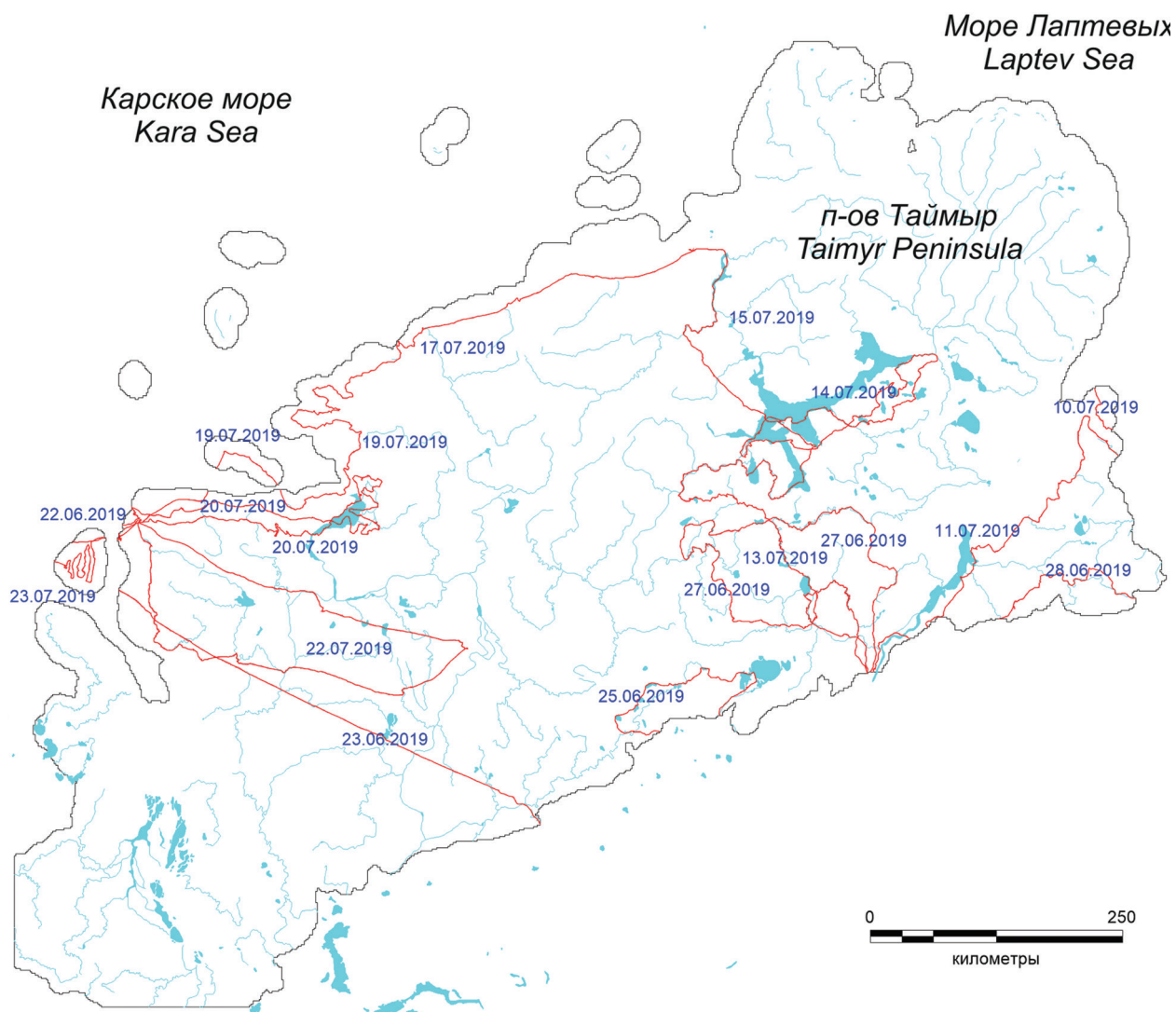


Рис. 2. Маршруты авиаучетов на полуострове Таймыр.

Fig. 2. Aerial survey routes on the Taimyr Peninsula.

фии на квадраты. Для исключения завышения числа птиц участки перекрывания на фотографиях определяли с помощью программы Photoshop CS4 (11.0.2). Всего проанализировано более 9980 фотографий. Данные учетов заносили в таблицы, указывая координаты фотографии, видовую принадлежность и число птиц.

При определении птиц на фотографиях использовали следующие критерии: соотношение длины головы к длине клюва, цвет клюва, форма головы, длина шеи. Использование в качестве определительного признака именно про-

порций (а не только и не столько размера) тела позволяет уверенно различать и такие виды, как белолобый гусь (*Anser albifrons* Scopoli, 1769) и пискулька (*A. erythropus* Linnaeus, 1758).

Детальные описания процедур учета и первичной обработки данных опубликованы нами ранее (Розенфельд и др. [Rozenfeld et al.] 2017).

Обработка пространственных данных

Карты местообитаний играют ключевую роль в планировании маршрутов авиаучетов и необходимы для авиаучетов гусеобразных

птиц с легких и сверхлегких самолетов без использования трансект, что позволяет оптимизировать полевые работы по мониторингу. Тип местообитания мы определяли, используя опубликованную в 2019 г. растровую версию Циркумпольной карты арктической растительности (Circumpolar Arctic Vegetation Map (CAVM), Raynolds et al. 2019), имеющую пространственное разрешение 1 км.

Дополнительную обработку и подсчет площадей осуществляли в программе QGIS 3.12. Для количественной характеристики местообитаний использованы данные по рельефу в районе исследований, полученные из проекта ArcticDEM v3 (Porter et al. 2018, <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/>). Цифровая модель рельефа (ЦМР) доступна с максимальным горизонтальным и вертикальным разрешением 2 м, однако использование такого разрешения для огромной территории, во-первых, создает трудноразрешимые вычислительные проблемы, а во-вторых, не имеет смысла, поскольку при скорости движения самолета 80–120 км/час координаты встреченных птиц с такой точностью определить невозможно, поэтому мы использовали вариант ЦМР с горизонтальным разрешением 100 м. Высоты в рамках проекта ArcticDEM даны относительно эллипсоида WGS84, поэтому мы привели их к уровню моря путем вычитания значений поверхности геоида модели egm2008. Далее для ячеек области экстраполяции и сегментов полосы учета в программе QGIS 3.12 были рассчитаны средние, минимальные и максимальные значения высоты, уклона, экспозиции склона и индекса пересяченности.

Экстраполяция численности

Экстраполяцию численности проводили на территорию тундровой зоны в границах Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района Красноярского края (зоны лесотундры и полярных пустынь из расчетов исключены). Общая площадь области экстраполяции составила 566 038 км².

Экстраполяцию проводили методом статистического моделирования, который позволяет рассчитать численность животных на необследованных территориях, используя в качестве независимых переменных как качественные

(например, тип местообитания), так и количественные (например, высота над уровнем моря) данные. Моделирование позволяет отказаться от широко распространенного при авиаучетах подхода, основанного на предварительном выделении трансект (дизайн-ориентированный подход), который имеет существенные ограничения по части оценки влияния различных факторов среды на обилие животных (Miller et al. 2013; Соловьев и др. [Soloviev et al.] 2018).

Для экстраполяции численности птиц использовали метод моделирования поверхности плотности (density surface modelling, Miller et al. 2013). Это – пространственная модель обилия биологической популяции, основанная на использовании обобщенных аддитивных моделей (generalized additive models, GAM). Моделирование поверхности плотности включает следующие этапы:

- 1) рассчитывается функция обнаружения или используется постоянная полоса учета;
- 2) рассчитывается обобщенная аддитивная модель (GAM) с использованием квази-пуассоновского, отрицательного биномиального или распределения Твиди, а также пространственной автокорреляции;
- 3) Рассчитывается обилие (экстраполяция) или плотность животных;
- 4) Рассчитываются их ошибки и доверительные интервалы, с использованием бутстрэпа или по теории GAM;
- 5) Создается карта обилия животных.

Пространственное распределение гусей и казарок в тундровой зоне, как и в других частях ареала, обусловлено биотопическими предпочтениями разных видов, а они, в свою очередь, – требованиями к определенным условиям гнездовых местообитаний, выводковых стадий, мест линьки, особенностями пищевого рациона и кормодобывания и т.д. Этот факт кажется совершенно очевидным, однако он игнорировался многими исследователями прошлых лет при экстраполяционных оценках численности животных (Кривенко и Виноградов [Krivenko and Vinogradov] 2008). Используемая нами методика экстраполяции позволяет включать в модель разные количественные и качественные факторы, на которых могут быть основаны предпочтения разных видов птиц при выборе местообитаний. Набор таких параметров для

каждого вида составлялся при тщательном анализе результатов собственных многолетних работ в разных частях Таймыра, данных учетов и материалов научных публикаций. Даже близкие виды проявляют разные предпочтения по отношению к выровненности рельефа, степени обводненности, характеристикам растительного покрова (например, белолобые гуси предпочитают более ровные и более увлажненные местообитания, чем гуменники (*A. fabalis* Latham, 1787); краснозобых казарок наиболее вероятно встретить вдоль рек с обрывистыми берегами и разреженной растительностью, черных казарок (*Branta bernicla* Linnaeus, 1758) – в арктических приморских тундрах и т.д.). Такой подход способствует более адекватной общей оценке ресурсов гусей и казарок и предоставляет возможность прогнозирования их обилия и плотности в разных частях гнездового ареала, конкретных регионов и территорий.

Оценку качества моделей с разными наборами независимых переменных производили с использованием стандартных для GAM диагностических графиков (Wood 2006), а также с учётом доли общей изменчивости, которую объясняет модель (deviance explained, DE). О качестве экстраполяции можно судить по таким показателям, как стандартная ошибка (SE), коэффициент вариации (CV) и доверительный интервал оценки численности, в который она попадает с вероятностью 95% (ACI). Гусей и казарок учитывали в полосе шириной 1.6 км, что определило вариант анализа с постоянной шириной учетной полосы. Метод требует разбиения полосы учета на последовательные сегменты, и мы использовали сегменты длиной 1.6 км, площадь которых, соответственно, равнялась 2.56 км². Район для экстраполяции также разбивали на ячейки площадью 2.56 км². Для моделирования в качестве независимых переменных использовали координаты центра (для учета пространственной автокорреляции), тип местообитания и количественные характеристики рельефа в пределах сегмента учетной полосы и ячейки области экстраполяции. В обобщенной аддитивной модели число птиц в каждом сегменте моделируется как сумма функций сглаживания независимых переменных. Для расчета стандартной ошибки и доверительных интервалов оценки численно-

сти использовали теорию GAM для расчета неопределенности. Вычисления были выполнены в пакете dsm 2.2.17 (Miller et al. 2016) статистического языка R 3.5.3 (R Core Team 2016). Расчеты, требующие использования географических операторов, проводили в ГИС QGIS 3.12; подготовку данных для вычислений осуществляли в системе управления базами данных (СУБД) Paradox 11.0.

База данных результатов авиаучетов

Для аккумуляции, наглядного отображения и последующего анализа результатов авиаучетов создана база данных – визуализированный депозит первичных материалов, доступных для скачивания. Она размещена в открытом доступе на сайте «База данных по результатам авиаучетов и дистанционного прослеживания гусеобразных птиц России» <http://rggsurveys.ru>. Структура сайта представляет собой базу данных, сервер приложений и веб-клиент. База данных реализована с использованием системы управления базами данных (СУБД) PostgreSQL. Результаты авиаучетов, хранящиеся в формате Excel, трансформированы в форму SQL-запросов и импортированы в базу данных. На платформе Node.js реализован сервер приложений, осуществляющий взаимодействие базы данных и веб-клиента. Основной функционал веб-клиента – отображение на динамической карте GPS-точек встреч видов, а также табличное отображение этих точек с возможностью центрирования точки на карте при выделении соответствующей табличной строки. В качестве подложки для карт использованы Яндекс-карты (<https://yandex.ru/maps/>). Реализованы возможности: 1) отдельного отображения взрослых особей птиц, птенцов, гнезд, гнездовых колоний, сопутствующих учетов (не гусеобразные птицы, млекопитающие), факторов беспокойства (населенные пункты, охотники и т.д.); 2) фильтрации данных по периоду учетов, по видам и по субъектам Российской Федерации; 3) выгрузки всех или отфильтрованных данных в формате Excel. К настоящему времени в базе размещены большие массивы данных по результатам учётов и дистанционного прослеживания гусеобразных птиц, обитающих не только на п-ове Таймыр, но и в других регионах страны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Учётная численность (взрослые/молодые) в районе работ в 2019 г. составила: белолобый гусь – 112175/3129; гуменник – 7972/529; краснозобая казарка – 2204/76; черная казарка – 3875/102, пискулька – 1783/119. Если считать, что соотношение видов в группе «не определенные до вида» соответствует их процентному соотношению в массиве «определенные», то учетные данные по этим видам соответственно составят: 155568, 11404, 3029, 5346 и 2495 особей.

В 10 линных стаях отмечены в общей сложности 104 белошекие казарки (*Branta leucopsis* Bechstein, 1803), причем больше всего их было встречено в районе зал. Миддендорфа (северный Таймыр), а самая восточная точка встречи – в центре полуострова, у юго-западной оконечности оз. Таймыр. В сочетании с данными о гнездовании белошеких казарок в 2015 и 2016 гг. в 20 км от пос. Диксон (Головнюк и др. [Golovnyuk et al.] 2015; Харитонов [Kharitonov] 2016) и о единичных встречах линявших казарок в бассейне р. Пясины в 2018 г. (<http://rggsurveys.ru>) это должно свидетельствовать о продолжении экспансии на восток этого вида, численность которого в последние десятилетия испытывает стремительный рост (Fox and Leafloor 2018; Розенфельд и др. [Rozenfeld et al.] 2021).

Среди определенных до вида гусей доминировал белолобый гусь (87.3%). Доли гуменника, черной казарки, краснозобой казарки и пискульки составили 6.4, 3.0, 1.7 и 1.4%, соответственно. Доли молодых птиц – по 2.7% у белолобого гуся и черной казарки, 3.3% у краснозобой казарки, 6.2% у гуменника и 6.3% у пискульки. Это может свидетельствовать о высоком успехе гнездования гусей в 2019 г., что, в свою очередь, может быть связано с относительно низким прессом хищников из-за достаточно высокого обилия их основного корма – леммингов, зарегистрированного в этом году в нескольких районах исследований на Таймыре (Морозов и др. [Morozov et al.] 2020).

Для всех видов наилучшая модель включала в качестве независимых переменных как тип растительности, так и такие параметры рельефа, как средняя высота и уклон. Представляется очевидным, что скопления водно-болотных птиц должны быть расположены в низинах, не-

высоко над уровнем моря. Однако выяснилось, что столь же существенное значение, как абсолютная высота, играет уклон рельефа: более высокая численность птиц отмечена на более высоких, но выровненных участках, чем на более низких, но относительно крутых склонах. Вместе с тем использование в модели одних только параметров рельефа, без учета типа растительности, резко ухудшало качество модели.

По результатам экстраполяции учетной численности в 2019 г. на необследованные участки, проведенной с учетом пригодности определенных местообитаний в тундровой зоне полуострова Таймыр для каждого из видов обитающих там водоплавающих, можно предположить, что в районе исследований в конце гнездового и в послегнездовой период концентрируются около 1.6 млн белолобых гусей, 447 тыс. гуменников, 78.5 тыс. краснозобых казарок и 43 тыс. пискулек (Табл. 1). Это не только птицы, гнездящиеся в тундрах полуострова, но и прилетающие туда (не размножившиеся или потерявшие кладки и птенцов) из соседних регионов – как с запада, так и с востока, проводящие на Таймыре период линьки.

С учетом таких параметров, как SE, CV и DE, результаты экстраполяции оказались наиболее адекватны для белолобого гуся и краснозобой казарки (Табл. 1), а именно, коэффициент вариации, т.е. отношение стандартной ошибки к оценке численности, для этих двух видов составил 0.03 и 0.01 соответственно, что можно отнести к диапазону невысоких значений. При дальнейшем проведении мониторинга популяций пересечение доверительных интервалов (ACI) оценок численности в разные годы будет указывать на отсутствие изменений экстраполированной численности для выбранного уровня значимости.

Результаты экстраполяции обилия прочих видов гусей и казарок тоже вполне приемлемы в контексте имеющихся знаний о численности этих видов. Исключением является черная казарка, с экстраполяцией численности которой на необследованные участки возникли серьезные проблемы. При учетных 3875 особях результат экстраполяции составил 573926, что представляется завышенной оценкой. Сложности экстраполяции численности этого вида вызваны весьма неравномерным распределени-

Таблица 1. Результаты авиаучетов гусей и казарок и экстраполяции их численности в тундровой зоне Таймыра в 2019 г.
Table 1. Results of aerial surveys of geese and extrapolation of their numbers across the tundra zone of Taimyr in 2019.

Вид Species	Число учтенных особей Number of counted individuals	Экстраполированная оценка численности (ос.) Extrapolated number (ind.)	ACI	SE	CV	DE, %
Белолобый гусь <i>Anser albifrons</i>	112 175	1 635 408	1 552 754–1 722 461	43 282	0.03	51.1
Гуменник <i>Anser fabalis</i>	7972	446 703	291 612–684 279	98 361	0.22	15.1
Черная казарка <i>Branta bernicla</i>	3875	573 926	398 022–827 570	108 113	0.19	43.9
Краснозобая казарка <i>Branta ruficollis</i>	2204	78 430	59 480–103 418	11 123	0.10	36.3
Пискулька <i>Anser erythropus</i>	1783	43 085	25 985–71 439	11 304	0.26	25.8

Примечания: SE – стандартная ошибка; CV – коэффициент вариации; ACI – доверительный интервал оценки численности, в который она попадает с вероятностью 95%; DE – доля общей изменчивости, которую объясняет модель.

Notes: SE – standard error; CV – coefficient of variation; ACI – approximate asymptotic confidence interval; DE – deviance explained.

ем черных казарок даже в местах с биотопами, потенциально пригодными для их обитания, а также в разных частях полуострова. Для того, чтобы получить адекватные оценки численности черной казарки для района исследований, необходимо более тщательное обследование участков, ранее не охваченных учетными работами. Помимо этого, для оценки ресурсов этого вида необходимы многолетние исследования, поскольку его успех гнездования (и, соответственно, число молодых птиц в скоплениях) в разные сезоны колеблется в широчайших пределах (Spraans et al. 1993; Ebbinge et al. 2013a, b).

Авиаучеты показали, что большинство «традиционных» мест скоплений гусей и казарок в период линьки по-прежнему сохраняет свое значение. Помимо этого, авиаобследование полуострова позволило выявить значимые места концентрации водоплавающих птиц, о существовании которых ранее известно не было (Рис. 3А–F). Во время авиаучетов 2019 г. многотысячные скопления белолобых гусей, многочисленные крупные стаи гуменников и наиболее крупные скопления пискульки были зарегистрированы в дельте р. Пясины и водно-болотных угодьях в ее бассейне, что подтверждает важнейшую роль этого района в поддержании мировых популяций этих видов. Наши оценки численности всех видов в этом районе превосходят оценки 1980–2000-х гг. Исключение представляет черная казарка, ко-

торой в дельте Пясины и на островах Карского моря в этом районе оказалось значительно меньше, чем раньше (Ebbinge et al. 2013a, b). При этом во второй половине июля 2019 г. черные казарки встречались в значительном числе вдоль практически всего побережья Карского моря от дельты Пясины до устья Нижней Таймыры, в том числе в необследованных ранее местах. Наиболее крупное скопление черных казарок было отмечено в низовьях р. Нижней Таймыры, важном районе концентрации гусей и казарок в период линьки в середине – конце XX в. (Сдобников [Sdobnikov] 1959; Сыроечковский [Syroechkovskiy] 2011b), однако численность их там была существенно ниже, чем в конце 1980-х гг. (Prokosh 1995). Наиболее существенная концентрация линяющих гуменников (около 400 особей) была впервые обнаружена в районе устья р. Хатанги на юго-восточном Таймыре, крупные стаи были встречены северо-восточнее, вдоль восточного берега Хатангского залива. Важное значение как для этого вида, так и для других видов гусей и казарок, сохранили приустьевые участки р. Бикады, а также угодья со множеством озер в бассейнах притоков р. Верхней Таймыры (Логаты, Горбиты, Боотанкаги, Луктаха, Ая-Тари и др.), оз. Байкуратурку, западные и южные прибрежные участки оз. Таймыр (Павлов и др. [Pavlov et al.] 1983; Кривенко и др. [Krivenko et al.] 1984; Гаврилов [Gavrilov] 2006). На о. Сибирякова, для которого в начале

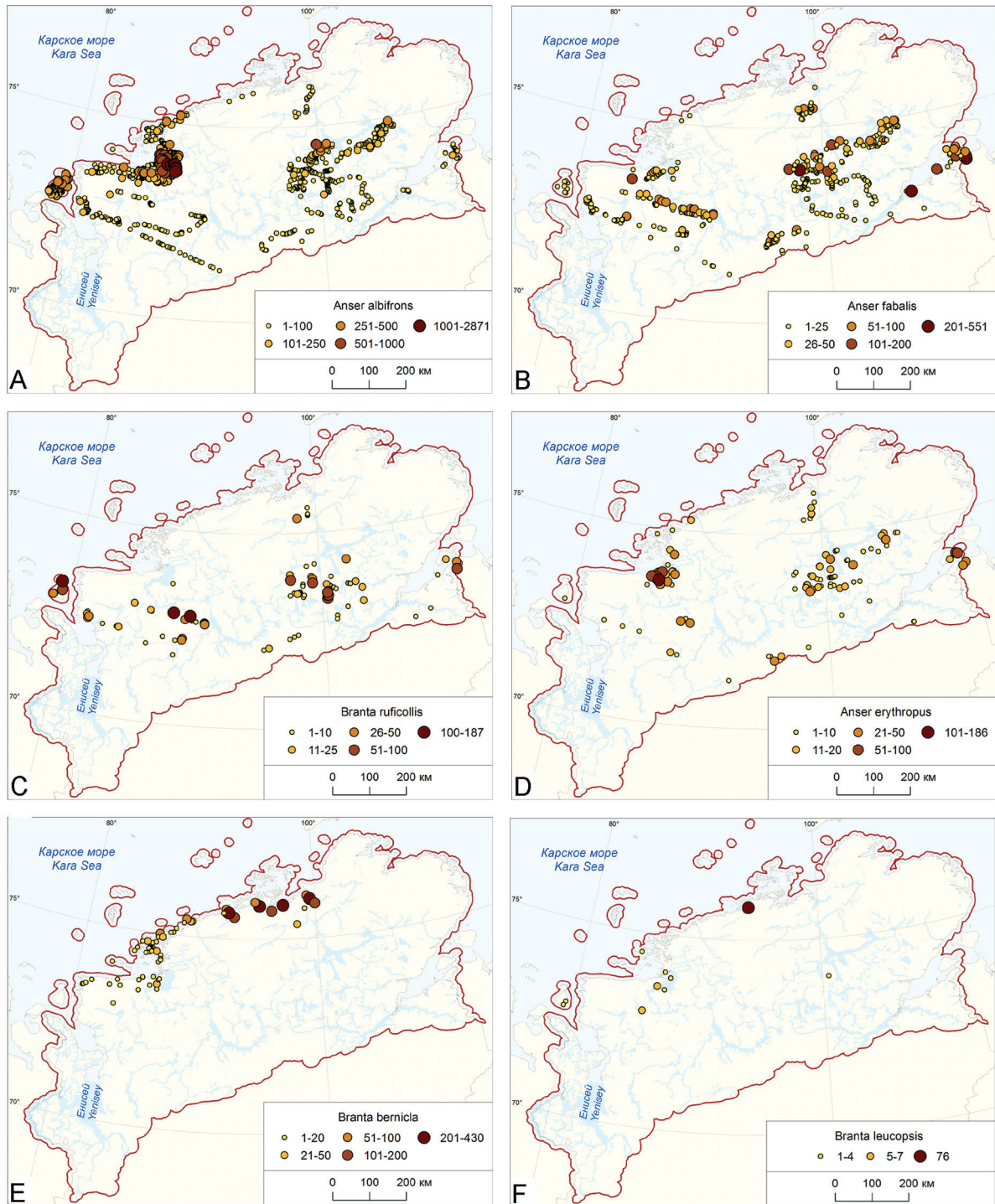


Рис. 3. Точки регистрации гусей и казарок в тундровой зоне полуострова Таймыр в 2019 г.

A – белолобый гусь; B – гуменник; C – краснозобая казарка; D – пискулька; E – черная казарка; F – белошекая казарка.

Fig. 3. Records of geese in the tundra zone of the Taimyr Peninsula in 2019.

A – Greater White-fronted Goose; B – Bean Goose; C – Red-breasted Goose; D – Lesser White-fronted Goose; E – Brent Goose; F – Barnacle Goose.

1990-х гг. упоминались только крупные линники белолобых гусей (Сыроечковский и др. [Syroechkovskiy et al.] 2000), летом 2019 г. в значительных количествах держались не только эти гуси, но и гуменники и краснозобые казарки. Причем концентрации последних на о. Сибирякова были наиболее крупными, и их размеры превышали размеры стай казарок, встреченных в послегнездовой период в «традиционных» для этого вида местах линьки в бассейне притоков рек Пуры и Пясины как во время наших учетов, так и в предыдущие годы (Kokogev and Quinn 1999). Выявлены и неизвестные ранее места относительно больших скоплений краснозобых казарок в центральной части полуострова, на небольших озерах, реках и протоках к юго-западу от оз. Таймыр. Там же обнаружены многочисленные группы линявших пискулек, наиболее крупная – в дельте р. Верхней Таймыры; однако больше всего этих гусей было в дельте Пясины (<http://rggsurveys.ru>).

Для двух наиболее важных охотничьих видов гусей – белолобого и гуменника – на основе статистической модели были созданы карты их распределения в пределах тундровой части Таймырского муниципального района (Рис. 4, 5). Они могут быть использованы для научнообоснованного управления использованием популяций этих видов в пределах отдельных административно-территориальных единиц Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района.

Присутствие в тундровой зоне Таймыра в период гнездования, послегнездовых кочевков, линьки и миграций птиц и из европейских, и из азиатских зимовочных популяций подтверждено данными кольцевания и спутникового мечения для большинства видов гусей и казарок (Литвин [Litvin] 2014; данные Центра кольцевания птиц). Поскольку определить процентное соотношение прилетающих на Таймыр с запада и востока птиц не представляется возможным, мы рассматриваем суммарные оценочные численности «западных» и «восточных» популяций.

Наиболее многочисленный вид гусеобразных тундровой зоны Таймыра – белолобый гусь. Наша оценка его численности превышает 1.5 миллиона, а с наиболее вероятным допущением того, что подавляющее большинство

гусей, не определенных до вида, тоже были белолобыми, она может превысить 2 миллиона. Это соответствует современной оценке численности всей евразийской популяции вида (Fox and Leafloor 2018). В указанном источнике последние оценки разных популяций датируются 2011–2013 гг., а для европейской популяции в последние 15 лет отмечен заметный рост численности, на уровне 0.8% прироста в год. Не исключено присутствие на линьке на полуострове белолобых гусей с азиатских зимовок, например, из Якутии.

В весенне-летний период на Таймыре присутствует больше половины мировой популяции тундрового гуменника. Как показали наши исследования 2022 г. с применением спутникового мечения и анализом фото- и видеоматериалов, на которых просмотрено более 5000 особей этого вида, большинство гуменников в дельте Пясины принадлежит к восточному подвиду (*Anser fabalis serrirostris* Gould, 1852). С его экспансией на запад мы связываем локальное увеличение численности гуменника в целом на западном и центральном Таймыре, где ранее преобладали гуси западного подвида (*A. f. rossicus* Buturlin, 1933), зимующие в Европе (Розенфельд и др., неопубл. данные).

Вся мировая популяция находящейся под угрозой исчезновения пискульки в сводке САФФ (Fox and Leafloor 2018) по данным на 2015–2016 гг. оценивается в 46000 особей (30000 из них зимуют в Европе; численность пискульки, зимующей на Ближнем Востоке, а также в Крыму и на юге Украины, неизвестна), а наша оценка для Таймыра составляет 43000. Согласно более поздним оценкам по результатам учетов пискульки во время осенней миграции на востоке Ненецкого автономного округа, численность только европейской популяции достигает 48600 особей (Rozenfeld et al. 2016; Rozenfeld and Kirtaev 2017; Rozenfeld et al. 2019; Морозов [Morozov] 2021). В тундровой зоне Таймыра проводят период линьки не только размножающиеся там пискульки, но и гуси, гнездящиеся в зоне лесотундры и в соседних с Таймыром регионах, поэтому наша экстраполированная оценка численности представляется вполне оправданной.

Оценка численности краснозобой казарки (78430 особей при АСІ 59 480–103 418), гнездящейся практически только на полуострове

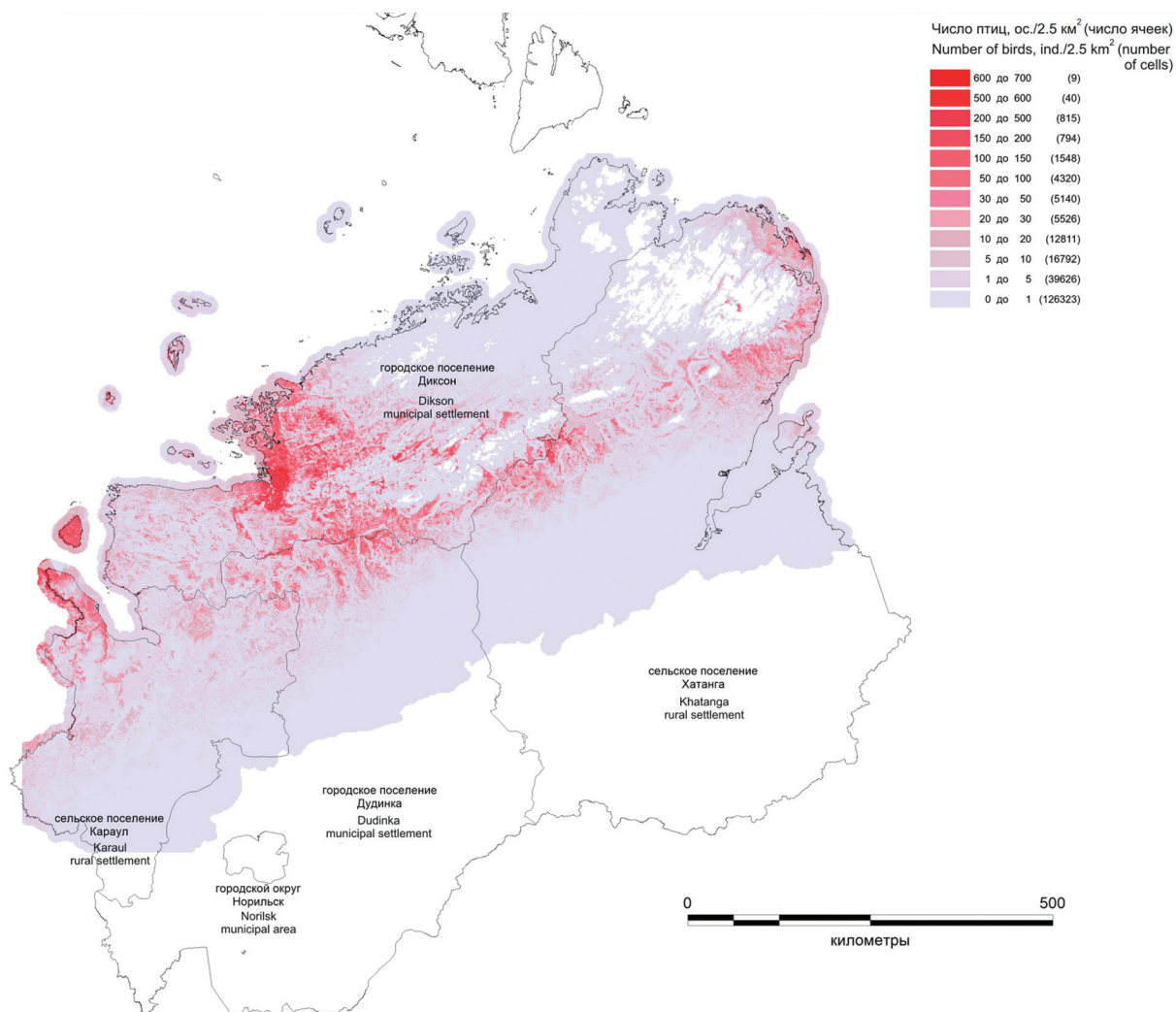


Рис. 4. Карта распределения белолобого гуся в пределах тундровой части Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района, созданная на основе пространственной статистической модели.

Fig. 4. Distribution map of the Greater White-fronted Goose within the tundra zone of the Taimyrsky Dolgano-Nenetsky municipal district, created on the basis of a spatial statistical model.

Таймыр, вполне совпадает с современными оценками численности мировой популяции на зимовках и миграционных остановках – 50–100 тыс. (Розенфельд [Rozenfeld] 2021).

Экстраполированная оценка численности черной казарки (Табл. 1) более чем вдвое превышает последнюю (2011 г.) оценку общей численности обитающего на Таймыре номинативного подвида *Branta bernicla bernicla* Linnaeus, 1758. Несмотря на то, что тренд изменения мировой популяции этого подвида черной казарки

в последние десятилетия был положительным, в данном случае мы склонны считать полученные результаты ошибкой экстраполяции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление наших оценок численности гнездящихся и линяющих на Таймыре белолобых гусей, гуменников, краснозобых казарок и пискулек с современными оценками численности мировых популяций этих видов

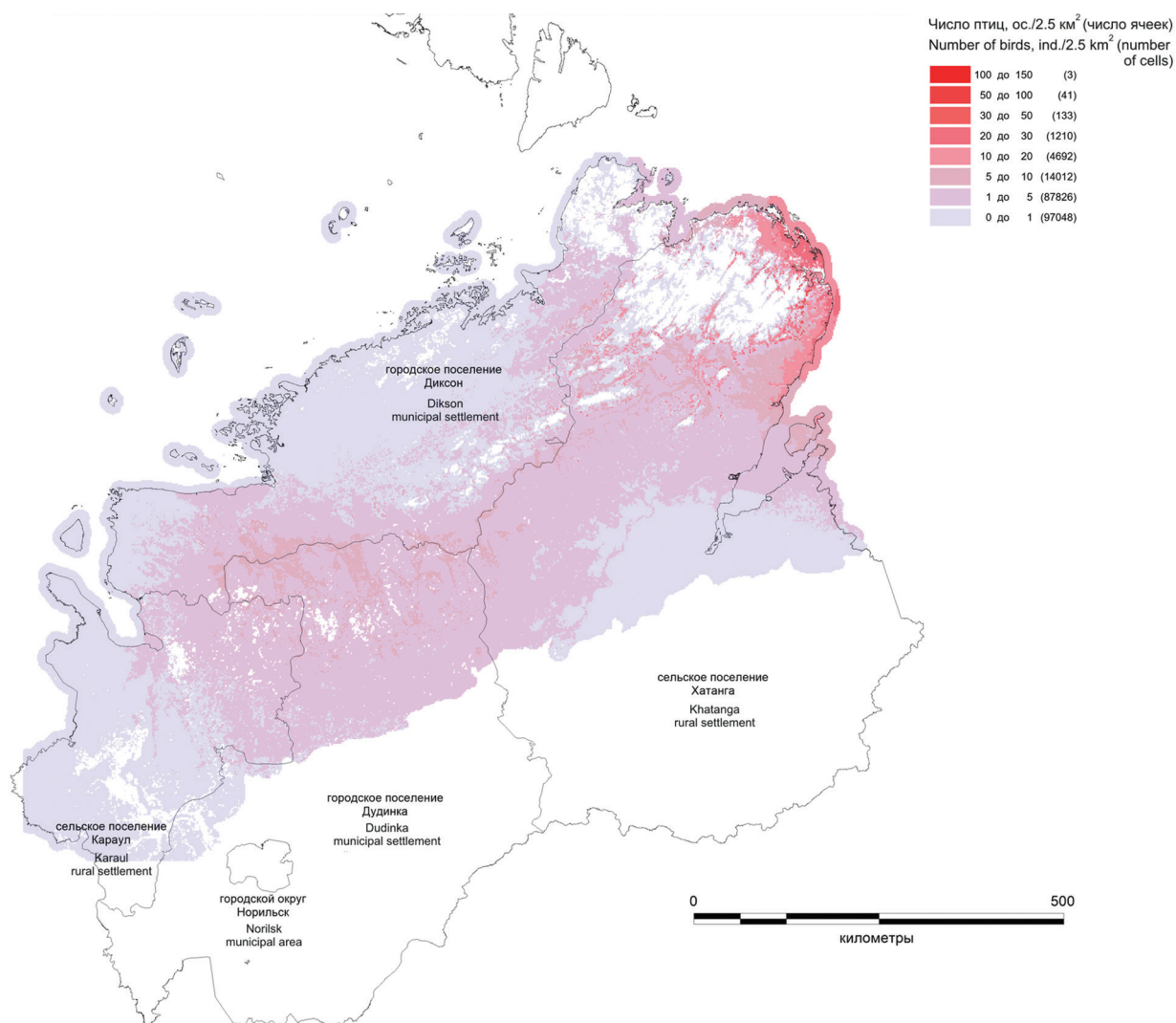


Рис. 5. Карта распределения гуменника в пределах тундровой части Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района, созданная на основе пространственной статистической модели.

Fig. 5. Distribution map of the Bean Goose within the tundra zone of the Taimyrsky Dolgano-Nenetsky municipal district, created on the basis of a spatial statistical model.

подтверждает ключевую роль полуострова Таймыр в поддержании популяций редких и хозяйственно значимых видов гусеобразных.

Существенная неравномерность распределения водоплавающих птиц в пределах модельного Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района свидетельствует о необходимости оценивать обилие водоплавающих птиц в разных территориально-административных единицах как этого, так и других регионов России с учетом наличия и соотношения в них раз-

ных типов местообитаний и их пригодности для размножения или формирования линных и предмиграционных скоплений. Такой подход необходим как для грамотного планирования неистощительного использования промысловых ресурсов, так и для разработки адекватных мер сохранения редких видов.

В последние годы были предприняты попытки статистического моделирования распространения гусей в российской Арктике (Solovyeva et al. 2021; Tian et al. 2021), однако их

авторы использовали преимущественно данные о встречаемости птиц (присутствие/отсутствии). Наши работы, насколько нам известно, являются единственным примером использования авиаучётов и статистического моделирования для оценки численности гусей на обширной территории Российской Арктики. При разработке задач мониторинга в таких условиях гармонизация его результатов (объединение данных, собранных при помощи разных методов) в отличие от стандартизации (подразумевающей использование идентичных методов, например, постоянных трансект) позволяет значительно расширить географический и временной охват обычно ограниченных по объёму данных (Christensen et al. 2020). В условиях российской Арктики, с её обширнейшими территориями и, как правило, ограниченными ресурсами для их обследования, этот подход представляется единственно возможным решением. В то же время, обследуемая территория должна быть достаточно репрезентативна в части представленности важнейших местообитаний вида.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работы выполнены при поддержке РФФИ (грант № 18-05-70117 «Ресурсы водно-болотных птиц полуострова Таймыр: оценка и прогноз динамики»; № 19-44-890003 p_a «Понятие «пролетный путь» и «миграционная популяция» в контексте эффективного управления ресурсами гусеобразных птиц ЯНАО»), Ассоциации РГГ и ФГБУ «Заповедники Таймыра». Сайт «База данных по результатам авиаучётов и дистанционного прослеживания гусеобразных птиц России» (<http://rggsurveys.ru>) разработан и администрируется Е.В. Мелиховой.

ЛИТЕРАТУРА

- Baldassarre G.A. and Bolen E.G. 2006.** Waterfowl ecology and Management. Second edition. Malabar, Florida, 567 p. [In Russian].
- Boere G.C. and Stroud D.A. 2006.** The flyway concept: what it is and what it isn't. Waterbirds around the world. The Stationery Office, Edinburgh, UK: 40–47.
- Cao L., Barter M. and Lei G. 2008.** New Anatidae population estimates for eastern China: Implications for current flyway estimates. *Biological Conservation*, 14: 2301–2309. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.06.022>
- Christensen T., Barry T., Talor J.J., Doyle M., Aronson M., Braa J., Burns C., Coon C., Coulson S., Cuyler C., Falk K., Heiðmarsson S., Kulmala P., Lawler J., MacNearney D., Ravolainen V., Smith P.A., Soloviev M. and Schmidt N.M. 2020.** Developing a circumpolar programme for the monitoring of arctic terrestrial biodiversity. *Ambio*, 49(3): 655–665. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01311-w>
- Chronicle of nature of the “Taimyrskiy” State Nature Reserve. 1986–2013.** Books 1–28. Ministry of the Natural Resources and Ecology of Russian Federation, Khatanga. Available from: <http://taimyrsky.ru/letopis/letopis.htm> (accessed 12 April 2023). [In Russian].
- Chronicle of nature of the “Nature Reserves of Taimyr” Directorate. 2014–2018.** Books 1–6. Ministry of the Natural Resources and Ecology of Russian Federation, Khatanga. Available from: <http://taimyrsky.ru/letopis/letopis.htm> (accessed 12 April 2023). [In Russian].
- Deinet S., Zöckler C., Jacoby D., Tresize E., Marconi V., McRae L., Svobods M. and Barry T. 2015.** The Arctic species trend index: migratory birds index. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyri, Iceland, 131 p.
- Ebbinge B.S., Prokosch P., Spaans B., Müskens G.J.D.M., Bom R., Kokorev Y.I. and Syroechkovskiy E.E. 2013a.** Flexibility in faithfulness of Dark-bellied Brent Geese *Branta b. bernicla* to moulting sites. *Wildfowl*, 63(3): 116–134.
- Ebbinge B.S., Blew J., Clausen P., Günther K., Hall C., Holt C., Koffijberg K., Le Dréan-Québec’hdu S., Mahéo R. and Pihl S. 2013b.** Population development and breeding success of Dark-bellied Brent Geese *Branta b. bernicla* from 1991–2011. *Wildfowl*, 63(3): 74–89.
- Fox A.D. and Leafloor J.O. (Eds). 2018.** A Global Audit of the Status and Trends of Arctic and Northern Hemisphere Goose Populations (Component 2: Population accounts). Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat: Akureyri, Iceland, 172 p.
- Gavrilov A.A. 2006.** Gaviiformes and Anseriformes of Taimyrsky State Nature Reserve. *Study of the nature of Taimyr: Proceedings of the Taimyrsky State Biosphere Reserve*, 5: 111–148. [In Russian].
- Golovnyuk V.V., Popovkina A.B. and Soloviev M.Yu. 2015.** The first record of a nesting Barnacle Goose (*Branta leucopsis*) on the Taimyr Peninsula. *Casarca*, 18: 25–29. [In Russian].
- Kharitonov S.P. 2016.** Biological monitoring on “Willem Barends” Station (Dikson-Sibiriyakov sector) in June and July 2016. *Chronicle of nature of the “Nature Reserves of Taimyr”*. Book 4. Norilsk: 233–259. [In Russian].
- Kokorev Y. and Quinn J.L. 1999.** Geese in the Pura, Taimyr: their status, trends and the effects of the

- Lemming cycle on breeding parameters. *Casarca*, 5: 272–296.
- Krivenko V.G., Ivanov G.K. and Kostin I.O. 1984.** Results of the population census of the White-fronted Goose and the Bean Goose on Taimyr in 1978–1979. Current state of waterfowl resources. Moscow, 156–159. [In Russian].
- Krivenko V.G. and Vinogradov V.G. 2008.** Birds of the water environment and rhythms of climate of the Northern Eurasia. Moscow, 588 p. [In Russian].
- Litvin K.E. 2014.** The latest data on the migratory patterns of geese nesting in Russia: review of the results of remote tracking. *Casarca*, 17: 13–46. [In Russian].
- Miller D.L., Burt M.L., Rexstad E.A. and Thomas L. 2013.** Spatial models for distance sampling data: recent developments and future directions. *Methods in Ecology and Evolution*, 4: 1001–1010. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12105>
- Miller D.L., Rexstad E.A., Burt M.L., Bravington M.V. and Hedley S.L. 2016.** dsm: Density surface modeling of distance sampling data. Available from: <http://github.com/dill/dsm>
- Morozov V.V. 2021.** Lesser White-fronted Goose *Anser erythropus* (Linnaeus, 1758). Red Data Book of the Russian Federation. Vol. “Animals”. 2nd ed. VNIИ Ecology, Moscow: 561–563. [In Russian].
- Morozov V.V., Rozenfeld S.B., Rogova N.V., Golovnyuk V.V., Kirtaev G.V. and Kharitonov S.P. 2020.** How many snowy owls (*Nyctea scandiaca*) live in Russian Arctic? *Ornitologiya*, 44: 18–25. [In Russian].
- Pavlov B.M. 1983.** To the bird fauna of the Verkhniaya Taimyra River basin. Birds of Taimyr. *Scientific and Technical Bulletin of the Northern Branch of the All-Union Academy of Agricultural Sciences*, 7: 9–14. [In Russian].
- Porter C., Morin P., Howat I., Noh M., Bates B., Peterman K., Keesey S., Schlenk M., Gardiner J., Tomko K., Willis M., Kelleher C., Cloutier M., Husby E., Foga S., Nakamura H., Platson M., Wethington M. Jr., Williamson C., Bauer G., Enos J., Arnold G., Kramer W., Becker P., Doshi A., D’Souza C., Cummins P., Laurier F. and Bojesen M. 2018.** “ArcticDEM, Version 3”. <https://doi.org/10.7910/DVN/OHHUKH>, Harvard Dataverse, V1.
- Poyarkov N.D., Hodges J.I. and Eldridge W.D. 2000.** Atlas of bird distribution in the coastal tundras of North-Eastern Asia (materials of 1993–1995 aerial surveys). Center of Nature Conservation, Moscow, 88 p. [In Russian].
- Prokosch P. 1995.** Moults, weights and ring recoveries of Dark-bellied Brent Geese on Taimyr. Faunistik und Naturschutz auf Taimyr – Expeditionen 1989–1991. *Corax*, 16 (Special Issue): 108–131. [In German with English summary].
- R Core Team. 2016.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <https://www.R-project.org/> (accessed 18 March 2023).
- Raynolds M.K., Walker D.A., Balsler A., Bay C., Campbell M., Cherosov M.M., Daniëls F.J.A., Eidesen P.B., Ermokhina K.A., Frost G.V., Jedrzejek B., Jorgenson M.T., Kennedy B.E., Kholod S.S., Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V., Magnússon B., Matveyeva N.V., Metúsalemsson S., Nilsen L., Olthof I., Pospelov I.N., Pospelova E.B., Pouliot D., Razzhivin V., Schaepman-Strub G., Šibík J., Telyatnikov M.Yu. and Troeva E. 2019.** A raster version of the Circumpolar Arctic Vegetation Map (CAVM). *Remote Sensing of Environment*, 232, 111297. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111297>
- Red Data Book of the Russian Federation. Vol. “Animals”. 2001.** Astrel, Moscow, 863 p. [In Russian].
- Red Data Book of the Russian Federation. Vol. “Animals”. 2nd edition. 2021.** VNIИ Ecology, Moscow, 1128 p. [In Russian].
- Resolution of the International Conference “Waterfowl of Northern Eurasia: geography, dynamics, and population management”. 2011.** *Casarca*, 14: 9–29. [In Russian].
- Resolution of the International Conference “Waterfowl of Northern Eurasia: research, conservation, and sustainable use”. 2016.** *Casarca*, 19(1): 14–27. [In Russian].
- Rozenfeld S.B. 2021.** Red-breasted Goose *Branta ruficollis* (Pallas, 1769). Red Data Book of the Russian Federation. Vol. “Animals”. 2nd ed. VNIИ Ecology, Moscow: 559–560. [In Russian].
- Rozenfeld S.B., Bysykatova-Harmey I.P., Barykina D.A., Kirtaev G.V. and Solovyeva D.V. 2023.** Modern trends in the populations of the Siberian Crane (*Grus leucogeranus*) and the Sandhill Crane (*Grus canadensis*) (Gruidae, Gruiformes) in the tundra of Yakutia and Chukotka, based on aerial surveys. *Zoologicheskii Zhurnal*, 102(2): 181–194. [In Russian]. <https://doi.org/10.31857/S0044513423020149>
- Rozenfeld S. and Kirtaev G. 2017.** Monitoring and identification of key sites of Lesser White-fronted goose (*Anser erythropus*) in Baydaratskaya Bay and adjacent territories. *Goose Bulletin*, 22: 17–25.
- Rozenfeld S.B., Kirtaev G.V., Rogova N.V. and Soloviev M.Yu. 2019.** Results of an aerial survey of the western population of *Anser erythropus* (Anserini) in autumn migration in Russia in 2017. *Nature Conservation Research*, 4(1): 29–37. <https://doi.org/10.24189/ncr.2019.003>
- Rozenfeld S., Kirtaev G., Soloviev M., Rogova N. and Ivanov M. 2016.** The results of Lesser White-fronted Goose and other geese species autumn counts in Ob valley and White-sea-Baltic flyway in September 2015. *Goose Bulletin*, 21: 12–32.
- Rozenfeld S.B. and Sheremetyev I.S. 2016.** Arctic geese (*Anser*) and brants (*Branta*) of Eurasia: an

- analysis of factors controlling population dynamics and geographical ranges. *Journal of General Biology*, **77**(1): 16–37. [In Russian]. <https://doi.org/10.1134/S2079086416050078>
- Rozenfeld S.B., Soloviev M.Yu., Kirtaev G.V., Rogova N.V. and Ivanov M.N. 2017.** Estimation of the spatial and habitat distribution of Anseriform waterfowl in the Yamal-Nenets and Khanty-Mansi Autonomous Regions (experience from the use of ultra-light aircraft). *Zoologicheskii Zhurnal*, **96**(2): 201–221. [In Russian]. <https://doi.org/10.7868/S0044513416120138>
- Rozenfeld S.B., Volkov S.V., Rogova N.V., Kirtaev G.V. and Soloviev M.Yu. 2021.** The impact of changes in breeding conditions in the Arctic on the expansion of the Russian population of the Barnacle Goose (*Branta leucopsis*). *Zoologicheskii Zhurnal*, **100**(5): 510–523. [In Russian]. <https://doi.org/10.31857/S0044513421050123>
- Sdobnikov V.M. 1959.** Geese and ducks of Northern Taimyr. *Proceedings of the Research Institute of Agriculture of the Extreme North*, **9**: 154–183. [In Russian].
- Soloviev M.Yu., Rozenfeld S.B., Kirtaev G.V., Rogova N.V. and Ivanov M.N. 2018.** Experience in density surface modeling for extrapolation of bird abundance based on the results of aerial surveys. The First Russian Ornithological Congress (Tver, Russia, 29 January – 4 February 2018). Abstracts. Tver: 312. [In Russian].
- Solovyeva D., Bysykatova-Harmey I., Vartanyan S.L., Kondratyev A. and Huettmann F. 2021.** Modeling Eastern Russian High Arctic Geese (*Anser fabalis*, *A. albifrons*) during moult and brood rearing in the 'New Digital Arctic'. *Scientific reports*, **11**(1), 22051. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01595-7>
- Spaans B., Stock M., Joseph A.St., Bergmann H.-H. and Ebbinge B.S. 1993.** Breeding biology of dark-bellied brent geese *Branta b. bernicla* in Taimyr in 1990 in the absence of arctic foxes and under favorable weather conditions. *Polar Research*, **12**(2): 117–130. <https://doi.org/10.3402/polar.v12i2.6708>
- Syroechkovskiy E.E. (Ed.). 2011a.** Anseriforms of Russia: A Field Guide. Moscow, 223 p. [In Russian].
- Syroechkovskiy E.E. 2011b.** Brent Goose (*Branta bernicla*). Anseriforms of Russia: A Field Guide. Moscow, 80–83. [In Russian].
- Syroechkovskiy E.E., Jr. 2006.** Long-term declines in Arctic goose populations in eastern Asia. Waterbirds around the world. The Stationery Office, Edinburgh, UK: 649–662.
- Syroechkovskiy E.E., Jr., Syroechkovskiy E.E., Sr. and Rogacheva E.V. 2000.** Sibiriyakova Island. Wetlands in Russia. Vol. 3. Wetlands of the Ramsar Shadow List. *Wetlands International Global Series*, **3**: 261. [In Russian].
- Syroechkovskiy E.V. 2013.** The Mechanisms of Adaptation of Anserini to the Arctic Environment. KMK Scientific Press, Moscow, 297 p. [In Russian].
- Tian H., Solovyeva D., Danilov G., Vartanyan S., Wen L., Lei J., Lu C., Bridgewater P., Lei G. and Zeng Q. 2021.** Combining modern tracking data and historical records improves understanding of the summer habitats of the Eastern Lesser White-fronted Goose *Anser erythropus*. *Ecology and Evolution*, **11**(9): 4126–4139. <https://doi.org/10.1002/ece3.7310>
- Wood S.N. 2006.** Generalized Additive Models: An introduction with R. Chapman & Hall/CRC, BocaRaton, FL, USA.
- Yakushkin G.D., Kokorev Ya.I. and Kolpashchikov L.A. 2012.** Natural zones and fauna of Taimyr. LitKaraVan, Belgorod, 276 p. [In Russian].