

УДК 59.009

ТУНДРОВЫЙ ЛЕБЕДЬ (*CYGNUS COLUMBIANUS*, ANATIDAE) В ВОСТОЧНОМ СЕКТОРЕ АЗИАТСКОЙ АРКТИКИ: ТРЕНДЫ ЧИСЛЕННОСТИ И ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАЗНЫХ ПРОЛЕТНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ¹

© 2023 г. Д. В. Соловьёва^{a, *}, Д. А. Барыкина^{a, **}, Г. В. Киртаев^{b, ***},
В. В. Данилова^{c, ****}, С. Б. Розенфельд^{b, *****}

^aИнститут биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, 685000 Россия

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

^cСанкт-Петербург, 190000 Россия

*e-mail: diana_solovyova@mail.ru

**e-mail: daria.barykin@gmail.com

***e-mail: georgeusr@gmail.com

****e-mail: valeriya981@mail.ru

*****e-mail: rozenfeldbro@mail.ru

Поступила в редакцию 27.05.2022 г.

После доработки 02.08.2022 г.

Принята к публикации 22.08.2022 г.

Тундры восточного сектора азиатской Арктики населяют как минимум три пролетные популяции тундрового лебедя: Восточно-азиатская континентальная пролетная популяция *C. c. bewickii*, Западно-тихоокеанская пролетная популяция *C. c. bewickii* и Западная (американская) пролетная популяция *C. c. columbianus*. Целью работы является анализ динамики численности тундровых лебедей путем сравнения данных исторического (единственного в тундрах Северо-Восточной Азии) авиаучета птиц в 1993–1995 гг. с данными нашего авиаучета 2020–2021 гг. Еще одной целью работы была оценка доли размножающихся птиц в разных пролетных популяциях. Ширина зоны интерградации *C. c. bewickii* и *C. c. columbianus* на Чукотке и уровень гибридизации до сих пор оставались слабо изученными, прояснение этого вопроса было одной из целей настоящей работы. Обработка данных авиаучета 2020–2021 гг. была произведена в программе QuantumGIS 9.16.5. Система включала в себя следующие слои: векторный слой карты мира, маршруты авиаучетов 2020 и 2021 гг., полигоны учетов 1993–1995 гг., эта же система подсчитывала длины учетных маршрутов в пределах полигонов. Оценка численности для каждой области была рассчитана для площади экстраполяции, приведенной в историческом учете. В период между 1993–1995 и 2020–2021 гг. выявлен рост численности всех трех пролетных популяций тундрового лебедя в областях учета в гнездовом ареале: Восточно-азиатская континентальная пролетная популяция выросла в 3.86 раза; Западно-тихоокеанская пролетная популяция — в 3.05 раза; и Западная (американская) пролетная популяция — в 2.5 раза. Мы полагаем, что ареал тундрового лебедя значительно расширился на север, вслед за изменением летнего климата и продвижением зоны типичных тундр на север. Регистрация гнезд и выводков в областях, где в ходе исторического учета были отмечены только неразмножающиеся птицы, является дополнительным свидетельством смещения северной границы ареала на север. Условной границей между областями доминирования *C. c. bewickii* и *C. c. columbianus* является р. Кымынейвеем (ок. 175.6° з.д.). Процесс смены доминанта происходит скачкообразно, т.е. не существует зоны, где оба подвида встречаются в равных долях. Зона перекрытия ареалов подвигов 600 км арктического побережья.

Ключевые слова: динамика численности, *Cygnus columbianus bewickii* vs *Cygnus columbianus columbianus*, восточная Арктика, авиаучет, пролетные популяции

DOI: 10.31857/S0044513423010105, EDN: AZBWKI

Видовая систематика группы тундровых лебедей является предметом споров на протяжении

почти столетия: ряд авторов не признает видовую самостоятельность малого лебедя *Cygnus bewickii* (Yarq 1830), считая его подвидом американского лебедя *C. columbianus* (Ord 1815) — *C. c. bewickii*, существующим наряду с номинативным подвидом *C. c. columbianus* (Rees, 2006; Gill, Donsker, 2017).

¹ Статья подготовлена в рамках тематической подборки материалов Международного симпозиума “Стерх (белый журавль) — символ надежды сохранения биоразнообразия в 21-м веке” (Салехард, Россия, 31 марта — 1 апреля 2021).

Признание же видовой самостоятельности *Cygnus bewickii* сопровождалось попыткой выделить внутри этого вида два подвида *C. b. bewickii* (гнездится к западу от Таймыра и на Таймыре) и *C. b. jankowskii* Alférakya 1904 (гнездится к востоку от Таймыра; Степанян, 1990), выделение подвигов в последнее время признано не валидным (Clemens et al., 2021). В настоящей работе мы принимаем точку зрения, что малый лебедь является подвидом *C. c. bewickii* тундрового *C. columbianus*. Общепринятое русское название *C. columbianus* “американский лебедь” кажется нам не применимым к виду в целом из-за обширной области его распространения в Евразии, превышающей таковую в Северной Америке. Английское название вида Tundra swan (тундровый лебедь) является универсальным для вида.

Использование современных средств дистанционного прослеживания миграций птиц и молекулярно-генетических методов разрешают систематические споры прошлого. В первую очередь, детальное изучение миграционных связей особей позволило выделить пролетные популяции тундрового лебеда (Flyway populations), различающиеся миграционными путями и районами зимовок, и оконтурить гнездовой ареал каждой из таких популяций. В современной концепции охраны мигрирующих птиц именно пролетные популяции являются единицами, подлежащими управлению, поэтому рассуждения о подвидовой систематике, приведенные выше, необходимы только для понимания предмета исследования.

Под восточным сектором азиатской Арктики мы понимаем территорию к востоку от устья р. Енисей, т.е. тундры Восточной Сибири и Дальнего Востока. На сегодня известно, что тундры восточного сектора азиатской Арктики населяют как минимум три пролетные популяции тундрового лебеда (Кишинский, 1988; Rees, 2006; Ely et al., 2014; Fang et al., 2020).

1. Восточно-азиатская континентальная пролетная популяция *C. c. bewickii* с районом гнездования от п-ова Ямал на западе (где она интерградирует с каспийской) до левобережья р. Индигирка на востоке. Это популяция зимует в долине р. Янцзы в Китае (Fang et al., 2020).

2. Западно-тихоокеанская пролетная популяция *C. c. bewickii* с районом гнездования от дельты р. Индигирка на западе до Колючинской губы (Ванкаремская низменность Чукотки) на востоке, птицы этой популяции зимуют в Японии (Кондратьев, 1984; Fang et al., 2020).

3. Западная (американская) пролетная популяция *C. c. columbianus* гнездится на Восточной Чукотке (где частично интерградирует и гибридизирует с западно-тихоокеанским *C. c. bewickii*) и зимует в США в Скалистых Горах и к западу от них (Ely et al., 2014; Limpert et al., 2020).

Ширина зоны интерградации *C. c. bewickii* и *C. c. columbianus* на Чукотке и уровень гибридизации до сих пор оставались слабо изученными (Коблик, Редькин, 2004). Использование фотографирования всех птиц в ходе масштабного авиаучета позволило пролить свет на этот вопрос в настоящей работе.

Долговременные тренды численности лебедей хорошо документируются в случае организации и ведения ежегодного мониторинга в районах зимовки, в ходе так называемых “средне-зимних учетов” (Mid-winter Waterfowl Surveys). Достаточно полные зимние учеты тундровых лебедей проводятся в Японии и США (Ministry of the Environment, 2021; U.S. Fish and Wildlife Service, 2019 цит. по: Rees et al., 2019). При этом оценка численности Восточно-азиатской континентальной пролетной популяции, обладающей самой большой площадью гнездования (на зимовке в Китае) показывает высокий разброс в относительно короткий интервал времени (см. анализ в Fang et al., 2020). Это затрудняет документирование тренда этой популяции и происходит, вероятно, из-за проведения учетных работ по разным методикам, разными организациями и в разных точках наблюдений. Оценка динамики численности этой популяции путем сравнения данных исторического (единственного в тундрах Северо-Восточной Азии; Поярков и др., 2000; Hodges, Eldridge, 2001) авиаучета птиц в 1993–1995 гг. с данными нашего авиаучета 2020–2021 гг. является одной из целей данной работы. Еще одной целью работы является косвенная оценка доли размножающихся птиц в разных пролетных популяциях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа основана на сопоставлении данных авиаучета лебедей в тундрах восточного сектора азиатской Арктики в 1993–1995 годах (Поярков и др., 2000; Hodges, Eldridge, 2001) и авиаучета авторов в 2020–2021 годах (рис. 1). В качестве источника данных об историческом учете 1993–1995 гг. использована русскоязычная сводка Пояркова и др. (2000), представляющая материалы авиаучетов Службы Рыбы и Дичи США в наиболее полном объеме. Все учетные области находились вне зоны перекрытия ареалов тундрового лебеда и лебеда-кликун (*Cygnus cygnus*). Таким образом, все учтенные лебеди заведомо считались тундровыми.

В 2020 г. методика авиаучета вдоль субмеридиональных или перпендикулярных морской береговой линии трансект (рис. 1) имела незначительные отличия от исторической, описанной подробно (Поярков и др., 2000). Координаты трансект были получены нами от сотрудников Службы Рыбы и Дичи перед началом учета. Сроки проведения авиаучетов в значительной степени совпадали (табл. 1) и были оптимальными для подсчета размножающихся и неразмножающихся птиц, еще не покинувших район раннелетнего пребы-

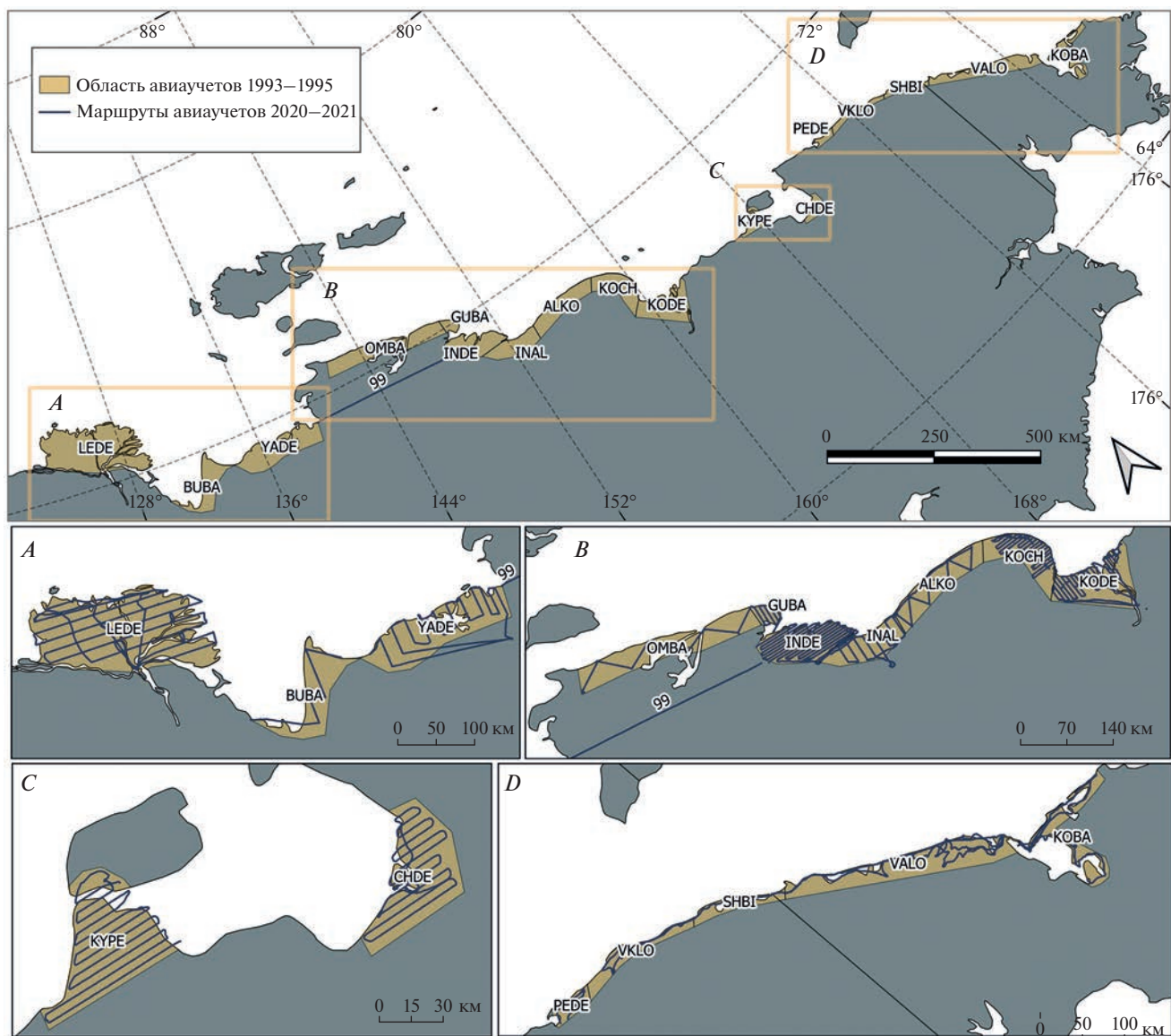


Рис. 1. Карта авиаучетных работ в тундровой зоне восточной Азии в ходе исторического (1993–1995 гг.) и современного (2020–2021 гг.) учетов. Коды областей учета см. табл. 2. A–D – увеличенные области.

вания для концентрации на линьку. Существенным отличием учета 2021 г. явилось использование фотографирования птиц вместо записи на диктофон, фотографирование велось с обоих бортов (табл. 1). Вид, количество птиц, а также наличие гнезда мы определяли по фотографиям в камеральных условиях. Фотография была привязана как к координате с точностью до 0.000001° , так и к моменту времени с точностью до 1 с. К данным нашего учета 2020 г. был применен поправочный коэффициент 2, поскольку наш учет велся только с одного борта, а в историческом учете – с двух бортов. Для соблюдения полосы учета в 200 м на стекло самолета была нанесена цветная полоса, птицы за пределами полосы игнорировались. Для

обработки данных учета 2021 г. мы провели расчет ширины полосы для расчета плотности, для этого из всего массива фотографий лебедей было выбрано 100 фотографий (только пары и стаи, не гнезда и не насиживающие птицы; выбор проводили при помощи генератора случайных чисел). Мы измеряли расстояние от фотоаппарата (координата, записанная фотоаппаратом) до самой удаленной из птиц в стае или паре, положение птиц определяли по конфигурации озер или проток на снимке Google Earth или ESRI Satellite. Птицы над открытой водой или над сухой тундрой без озер были проигнорированы, поэтому из 100 фотографий измерения оказались возможными только в 69 случаях. Полоса для расчета плотности лебедя соста-

Таблица 1. Методы авиаучета, использованные в 1993–1995 (по: Поярков и др., 2000) и 2020–2021 гг.

Параметр	Авиаучет 1993–1995	Авиаучет 2020–2021
Модель самолета	Beaver-754	Стерх-1
Высота полета, м	40–60	38
Крейсерская скорость полета, км/ч	130–170	80–100
Число наблюдателей	2.5*	1
Число наблюдений с бортов	2	2020, 2021
Фотофиксация птиц	Нет	2020 – нет, 2021 – да
Период учета ²	22 июня**–5 июля***	14 июня**–3 июля***

Примечания. *В исследованиях принимали участие два наблюдателя. В случае пропуска орнитологом-фотографом группы птиц, пилот-биолог указывал первому на данное упущение.

** Самая ранняя дата.

*** Самая поздняя дата (без учета года).

вила 372 ± 53 м (пределы 20–2663 м), т.е. оказалась равной (с учетом ошибки среднего) 400 м, принятым в историческом учете, поэтому число лебедей в учете 2021 г. было взято прямо, без поправочного коэффициента. Для анализа изменения обилия лебедей в период времени между 1993–1995 и 2020–2021 гг. была использована линейная плотность в размерности особей/км.

В представлении данных 1993–1995 гг. каждая область учета была обозначена (одной) буквой английского алфавита, причем нумерация не была сквозной, например область А в 1993 г. – это Ванкаремская низменность, а в 1994 г. этой же буквой обозначена область в дельте р. Колыма. Помимо областей учета на картах 1993–1995 гг. были обозначены учетные маршруты, не входящие в выделенные области, такие маршруты (обозначались цифрами, например, от 1 до 39 в 1994 г.) использовались при перелете из области в область или в том случае, если рельеф местности не позволял заложить настоящую сеть субмеридиональных трансект. Для унификации обозначений мы вводим кодировку всех областей учета четырехбуквенным кодом (английский алфавит), соответствие наших и исторических областей учета приведено в табл. 2. Области исторического и нашего учета принимались за одинаковые, если они перекрывались на 90%. Птицы, учтенные вне перекрывающихся областей, игнорировались. Перекрывание областей рассчитывали с помощью программы QuantumGIS 3.16.5. Обработка данных авиаучета была произведена в той же программе. Данные для ГИС представлены в формате шейп-файлов в конической системе координат Asia_North_Albers_Equal_Area_Conic. Система включала в себя следующие слои: векторный слой карты мира, маршруты авиаучетов 2020 и 2021 гг., полигоны учетов 1993–1995 гг., эта же система позволяла подсчитать длины учетных маршрутов в пределах полигонов.

Линейная плотность оценена как число птиц, учтенных в полосе шириной 400 м, деленное на протяженность учета в каждой из областей как в историческом (произведен пересчет из плотности в размерности особей/км²), так и в нашем учете. В случае, когда одна и та же территория (например, дельта Индигирки в 2020 и 2021 гг. или дельта Колымы в 1993 и 1994 гг.) была обследована дважды в ходе исторического или нашего авиаучета, мы использовали среднюю между годами плотность особей. Оценка численности для каждой области была рассчитана для площади экстраполяции, приведенной в историческом учете (Поярков и др., 2000). Для расчета оценочной численности мы использовали линейную плотность, умноженную на 2.5 (соотношение между 0.4 и 1 км) и умноженную на площадь экстраполяции. В рубриках Результаты и Обсуждение использована оценка численности популяций, полученная в ходе исторического и нашего учетов.

Доля размножающихся птиц была оценена как соотношение числа отмеченных или сфотографированных гнезд или выводков лебедя (умноженного на 2, поскольку партнер насиживающего лебедя не всегда находится рядом с гнездом) к общему числу взрослых лебедей для каждой учетной области. В историческом учете гнезда лебедей регистрировали только в 1994 г., поэтому сравнение доли размножающихся птиц проводится только для областей учета 1994 г. Мы понимаем, что авиаучет не позволяет документировать все гнезда даже у такого крупного и заметного вида, как тундровый лебедь. Тем не менее такой показатель, как число гнезд/выводков присутствует как в данных исторического, так и современного учетов, и может быть использован для косвенной оценки доли птиц, принимающих участие в размножении в разные периоды и на разных территориях.

При анализе фотографий лебедей в интервале долгот от 170° в.д. до 170° з.д. мы уделяли особое внимание цвету надклювья, по которому подвид

Таблица 2. Области авиаучетов с запада на восток и суммарная длина учетного маршрута в каждой области (км) в исторический период и наши данные

Код области	Название области	Код области в 1993–1995 гг.	Длина маршрута	
			1993–1995	2020–2021
LEDE	Дельта Лены	I_94	1165.0	2229.9
BUBA	Губа Буор-Хая	H2_94	217.5	308.6
YADE	Дельта Яны	H1_94	372.5	1036.7
OMBA	Омуляхская губа	F2_94	357.5	370.9
99	Яно-Индиго-Ирская низменность, внутренняя	99	260.0	307.0
GUBA	Гусиная губа	F1_94 и F3_95*	255.0	232.3
INDE	Дельта Индиго-Ирки	E_94	1245.0	2098.9**
INAL	Индиго-Ирка—Алазея	D_94	175.0	750.0
ALKO	Алазея—Коньковая	C_94	412.5	517.4
KOCH	Чукочья—Колыма	G_93 и B_94*	813.0	783.1
KODE	Дельта Колымы	(30–35) + F(1–8) + F(30–31)_93 и A_94*	1435.6	1558.3**
KYPE	П-ов Кыттык	E_93 + 24	251.7	519.2
CHDE	Чаунская низменность	D_93	267.8	457.3
PEDE	Дельта Пегтымеля	C+(16–18)93	156.3	153.1
VKLO	Валькарайская низменность	(11–15)93	187.0	269.3
SHBI	Биллингс—мыс Шмидта	B_93	115.0	286.8
VALO	Ванкаремская низменность	A_93	307.5	960.0
KOBA	Колочинская губа	(1–10)93	330.4	558.6

Примечания. * Среднее значение в случае, если учет в области был проведен дважды.

** Учет в этих областях был проведен дважды в 2020 и 2021 гг.

C. c. bewickii отличается от *C. c. columbianus* (Evans, Sladen, 1980). Если птица имела небольшое желтое пятно (менее 15% площади надклювья) на надклювье, далеко не смыкающееся на переносице и не достигающее до ноздри на 2/3 расстояния между границей оперения лба и ноздрей, такие птицы считались гибридами между подвидами (рис. 2). При оценке численности лебедей Западно-тихоокеанской и Западной (американской) пролетных популяций в зоне перекрытия их ареалов мы использовали полученное нами соотношение подвигов в каждой из областей от PEDE до VALO (см. ниже), гибриды проигнорированы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика численности трех пролетных популяций по данным авиаучетов в областях гнездования

В период между 1993–1995 и 2020–2021 гг. выявлен рост численности всех трех пролетных популяций тундрового лебеда (табл. 3). Увеличение плотности отмечено во всех областях гнездования Восточно-азиатской континентальной популяции, а на побережье губы Буор-Хая (область BUBA) линейная плотность лебедей увеличилась в 64 раза (рис. 3). Суммарная численность тундровых лебедей этой популяции в областях учета в

2020–2021 гг. составила 33091 особь, в то время как в 1993–1995 гг. здесь же численность оценивалась в 8580 особей. Таким образом, эта популяция выросла в 3.86 раза (табл. 3). В 1994 г. из всех областей учета в пределах ареала Восточно-азиатской континентальной популяции гнездящиеся лебеди были отмечены только в дельте р. Лена, и их доля составила всего 3.1%; в 2020–2021 гг. в дельте Лены размножались уже 21.5% встреченных птиц (рис. 4). В 2020-е годы очаг гнездования зарегистрирован также в дельте р. Яна (рис. 4).

Западно-тихоокеанская пролетная популяция выросла в 3.05 раза от 13756 до 41928 особей. В одной из 10 областей учетов, населенных птицами этой популяции, а именно на п-ове Кыттык (KYPE), отмечено снижение, а в Чаунской низменности (CHDE) не отмечено изменения линейной плотности и, соответственно, численности лебедей в период между авиаучетами (табл. 3, рис. 3). Одновременно значительный рост плотности зарегистрирован в западной части гнездового ареала этой популяции: в дельте р. Индиго-Ирка (в 23 раза), в Индиго-Ирско-Алазейском (в 31 раз) и Алазее-Колымском (в 52 раза) междуречьях. Формирование гнездовых группировок (15–27% гнездящихся пар в) в 2020-е годы отмечено так же на западе ареала популяции, в Индиго-Ирско-Колымском междуречье, в 1994 г

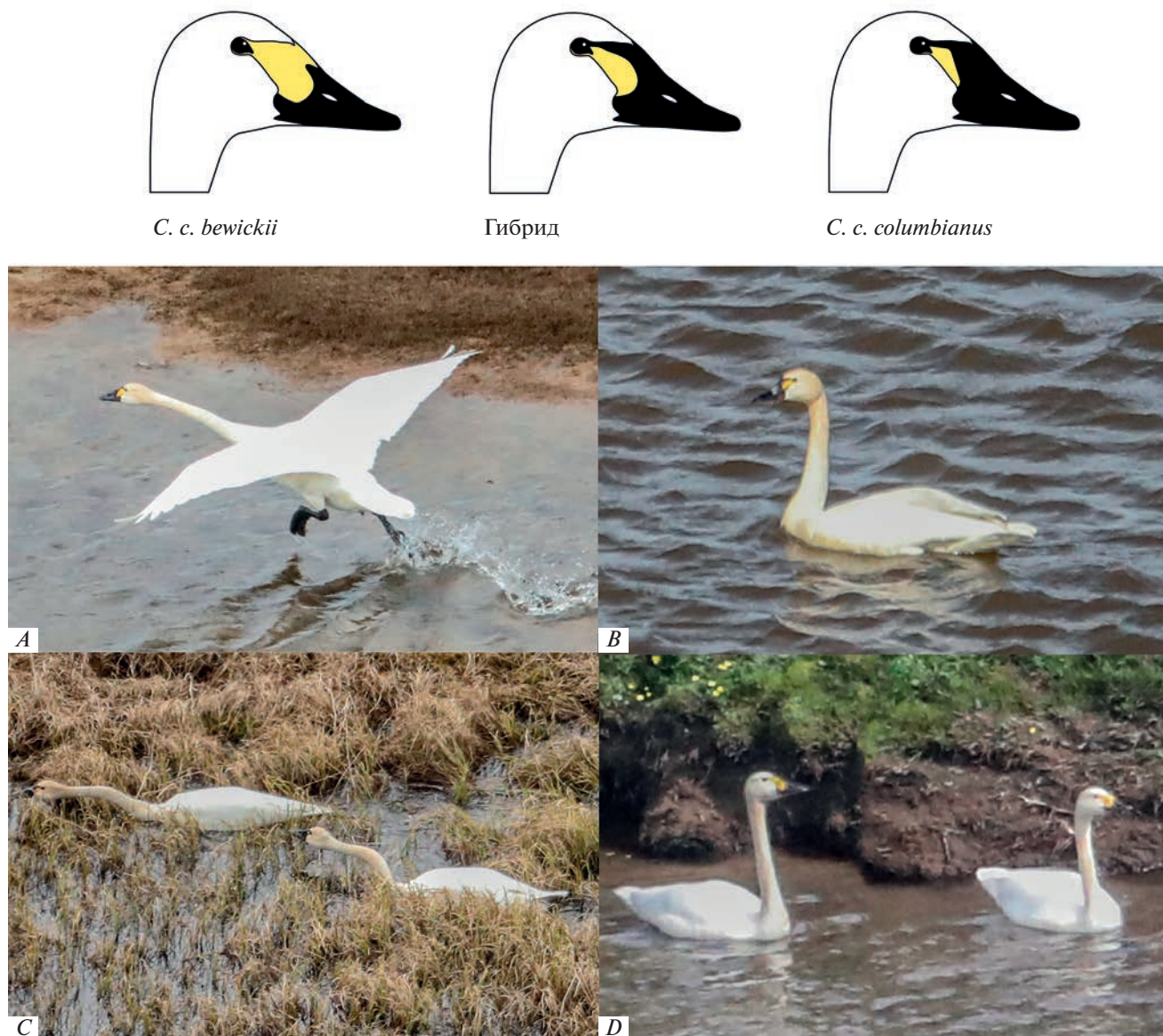


Рис. 2. Схема вариаций цвета надклювья у подвидов тундрового лебедя (сверху) и примеры фотографий птиц с самолета Стерх-1, 2021 г.: *A* и *B* — гибриды *C. c. bewickii* × *C. c. columbianus*, *C* — пара *C. c. columbianus*, *D* — пара *C. c. bewickii*.

здесь не было учтено ни одного гнезда (рис. 4). В остальных областях обитания Западно-тихоокеанской пролетной популяции (где в 1994 г. были учтены гнезда лебедей) доля размножающихся птиц была значительно меньше в 2020–2021 по сравнению с 1994 г. (рис. 4).

Численность номинативного подвида тундрового лебедя (западная пролетная популяция Северной Америки) в тундрах Восточной Чукотки увеличилась в 2.5 раза от 238 до 596 птиц. Несмотря на некоторый рост линейной плотности, численность лебедей здесь осталась невысокой, особенно в областях VALO и КОВА, где преобладал “американский” лебедь (рис. 3 и 5). Для области

перекрывания ареалов подвидов также характерна низкая доля гнездящихся лебедей (рис. 4): во всех четырех областях учета от дельты р. Пегтымель (PEDE) до восточного побережья Колючинской губы (КОВА) отмечено только 3 гнезда лебедей. Доля гнездящихся птиц здесь составила 1.5% от всех встреченных взрослых лебедей.

Соотношение подвидов тундрового лебедя на Чукотке

Определение подвидов тундровых лебедей проводили для всех фотографий, изготовленных в интервале долгот от 170° в.д. до 170° з.д., учет в этой

Таблица 3. Линейные плотности (особей/км в полосе учета 400 м) и оценка численности (особей) популяций тундрового лебедя в 1993–1995 и 2020–2021 гг. по областям учета

Код области	Пролетная популяция	Площадь экстраполяции, км ²	1993–1995		2020–2021	
			плотность	численность	плотность	численность
LEDE	BAK	22263	0.111	6164	0.300	16697
BUBA	BAK	6056	0.009	139	0.447	8993
YADE	BAK	6623	0.097	1595	0.229	3792
OMBA	BAK	10826	0.008	227	0.043	731
99	BAK	22140	0.008	427	0.052	2878
GUBA	BAK	1055	0	0	0	0
INDE	ЗТ	6299	0.014	228	0.327	5149
INAL	ЗТ	4077	0.017	174	0.539	5494
ALKO	ЗТ	6509	0.005	79	0.251	4084
KOCH	ЗТ	4741	0.047	557	0.230	2726
KODE	ЗТ	4051	0.729	7383	1.959	19840
KYPE	ЗТ	1807	0.640	2891	0.314	1418
CHDE	ЗТ	1290	0.732	2361	0.712	2296
PEDE	ЗТ/ЗА	555	0.064	89	0.137	190
VKLO	ЗТ/ЗА	375	0	0	0.108	101
SHBI	ЗТ/ЗА	879	0	0	0.286	628
VALO	ЗА	4433	0.007	78	0.042	465
KOBA	ЗА	660	0.097	160	0.079	130

Примечания. Пролетные популяции: BAK – Восточно-азиатская континентальная, ЗТ – Западно-тихоокеанская, ЗА – Западная (американская).

области проводился преимущественно вдоль побережья Северного-Ледовитого океана, размах по широте 66°–69° с.ш. Всего по фотографиям до подвидов было определено 142 лебедя, еще 5 птиц были признаны гибридами. Идентификация 66 особей была невозможна из-за того, что птицы были сняты “в угон”. Птицы, отнесенные нами к гибридам между подвидами (15%; рис. 5), встречались только в области преобладания *C. c. columbianus* и не встречались западнее, где преобладал *C. c. bewickii*. Во всей области перекрытия подвидов доля пар, состоящих из птиц разных подвидов, составила 11% (6 из 54 пар).

ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика оценочной численности трех пролетных популяций по данным авиаучетов в областях гнездования

Для тундрового лебедя характерен высокий динамизм ареала, обусловленный климатом. Так, в период голоценового оптимума (приблизительно 8500 лет назад) он населял территорию современных о-вов Анжу на 86° с. ш. (Makeev et al., 2003), хотя сейчас не встречается севернее 74° (Rees, 2006). Современные климатические тенденции не могут не создавать благоприятные условия

для гнездования крупных арктических травоядных птиц, которыми являются тундровые лебеди. Удлинение вегетационного периода в тундровой зоне (локально см. Solovyeva, Vartanyan, 2014), смещение на север июньской и августовской изотерм +10°C (Титкова, Золотокрылин, 2021) определяют увеличение биомассы (NDVI) растительности, включая основные корма лебедей. Однако эти же процессы приводят к смене растительных сообществ, в частности к смене тундровой растительности на лесотундровую и продвижению подзоны типичных тундр на север (Титкова, Виноградова, 2019). Что, в свою очередь, должно способствовать продвижению ареала тундрового лебедя на север, особенно там, где его современный ареал не доходит до арктического побережья, т.е. в первую очередь на стремительно “теплеющем” Таймыре (Головнюк и др., 2020).

Динамика численности **Восточно-азиатской континентальной пролетной популяции** является предметом интриги. Одним из результатов работы Фан с соавторами (Fang et al., 2020) была попытка показать снижение численности этой популяции в период с 1990 по 2020 гг., опираясь на данные учетов на зимовках в восточном Китае. Однако представленный в этой статье анализ показывает обратную тенденцию, а именно линейный рост

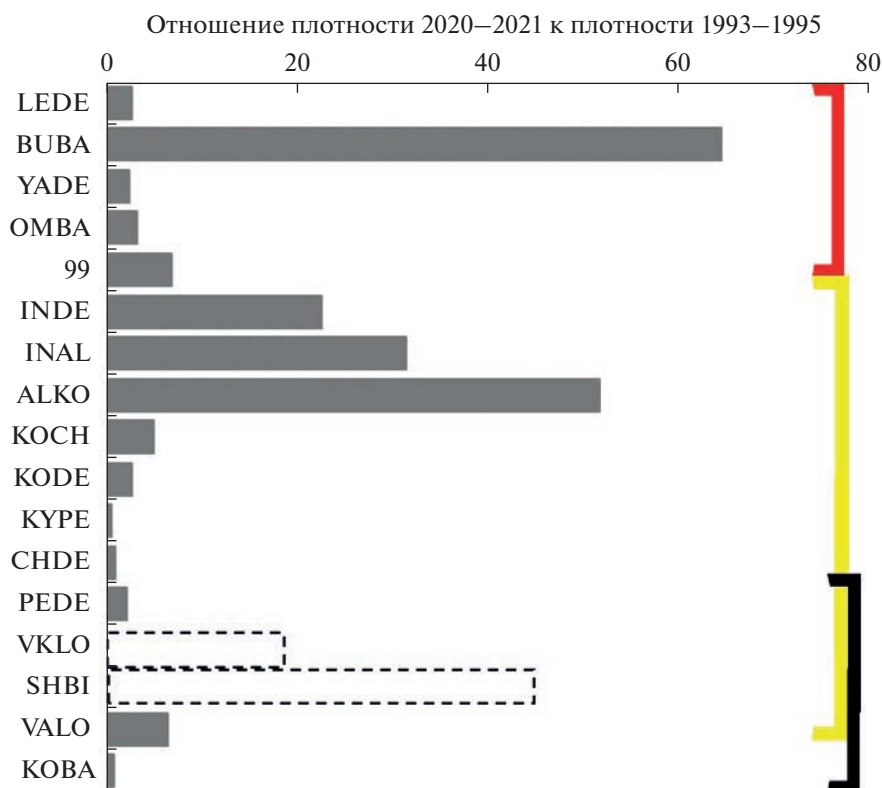


Рис. 3. Отношения линейных плотностей тундрового лебедя по данным авиаучетов 1993–1995 и 2020–2021 гг. для каждой области. Коды областей учета см. табл. 2. Пролетные популяции обозначены цветными скобами: красная – Восточно-азиатская континентальная *C. c. bewickii*; желтая – Западно-тихоокеанская *C. c. bewickii*; черная – Западная *C. c. columbianus*. В областях (VKLO и SHBI), где в 1993–1995 гг. не было учтено ни одного лебедя, соотношение плотностей экстраполировано из расчета 0.5 учтенных особей (чтобы избежать деления на 0).

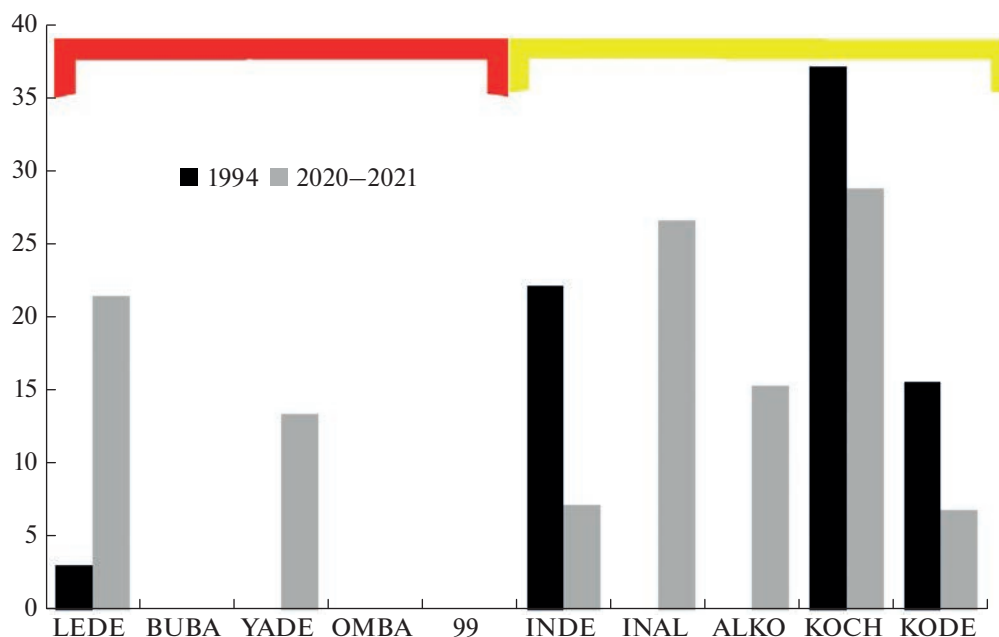


Рис. 4. Доля (%) размножающихся тундровых лебедей в разных областях авиаучета в 1994 и 2020–2021 гг. Коды областей учета см. табл. 2. Доля рассчитана как отношение числа учтенных гнезд/выводков, умноженное на 2, к общему числу учтенных лебедей. Обозначение пролетных популяций как на рис. 3.

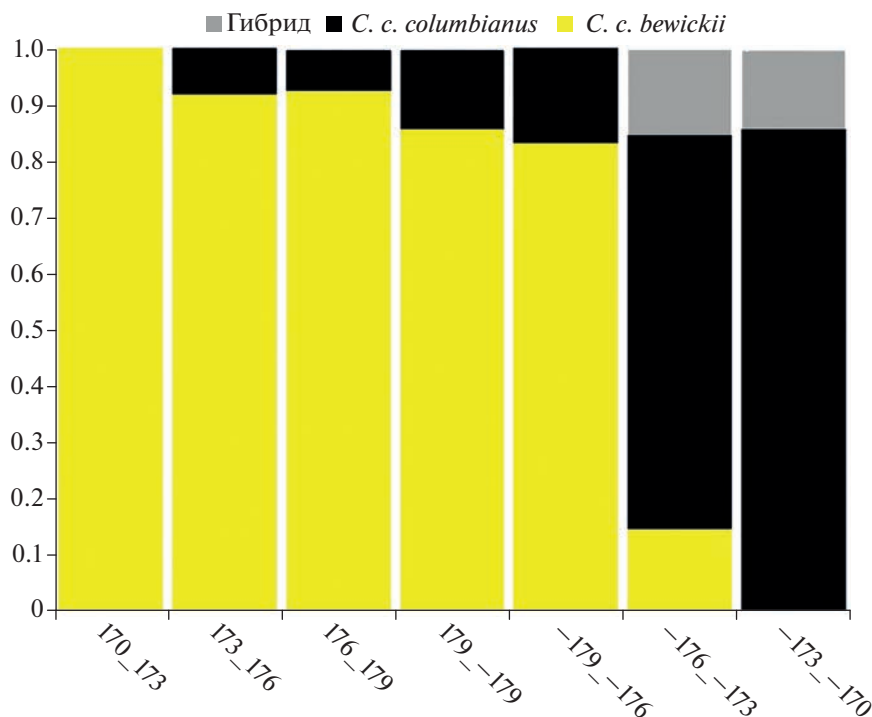


Рис. 5. Соотношение подвидов тундрового лебедя по данным авиаучета вдоль побережья Чукотки в 2021 г. По оси абсцисс долгота местности от 170° в.д. до 170° з.д., по оси ординат — доля каждого подвида в населении тундровых лебедей.

численности со скоростью 0.6% в год (тренд высоко не достоверен). Авторы ссылаются на несогласованность методов и точек проведения учетов в разные годы. Наши данные, напротив, показывают рост этой пролетной популяции в 3.86 раза в восточной части ее гнездового ареала от дельты р. Лена до дельты р. Индигирка в период с 1993–1995 по 2020–2021 годы. К сожалению, пригодные для сравнения исторические данные о численности/плотности лебедей в западной части гнездового ареала от Западного Ямала до дельты р. Лена отсутствуют. Анализ тренда этой популяции осложняется еще и фактом смены мест зимовок ямальных лебедей (Розенфельд и др., 2019) и симпатричным обитанием двух, а возможно и трех, пролетных популяций на п-ове Ямал (Vangeluwe et al., 2018). Поскольку наши учетные площади полностью совпадают с историческими (изначально предназначенными для учета гаг, а не лебедей), мы не можем не признать фактом, что ареал лебедя значительно расширился на север, особенно в дельте р. Лена, на побережье губы Буор-Хая (рост плотности лебедя в 64 раза!) и побережье Селляхской губы, следуя за июньской изотермой +10°C (Титкова, Золотокрылин, 2021). Мы полагаем, что наши учеты вдоль арктического побережья отразили процесс расширения северной границы ареала на север. Современное смещение гнездового ареала малого лебедя на север документировано в окрестностях г. Певек, где лебедь

отсутствовал на гнездовании в 2007 г. (и ранее), а в 2018–2021 гг. гнезвился с высокой плотностью (Томкович, 2007; Прокопенко и др., 2022). Популяция малого лебедя существовала на арктическом о-ве Жохова в период оптимума голоцена, т.е. примерно 8500 лет назад, сейчас малый лебедь там не встречается (Makeev et al., 2003). Полученная Фан с соавт. (Fang et al., 2020) оценка всей популяции в 65000 особей в 2019–2020 гг. представляется несколько заниженной в свете наших данных. Если суммировать осеннюю численность лебедей на Гыданском п-ове в 4900 особей, на п-ове Ямал — 3800 особей (Розенфельд и др., 2019); 26300 особей, оцененных на Таймыре (Розенфельд, неопубликованные данные), и рассчитанную нами оценку в 33000 особей (39700 особей с учетом доли молодняка на зимовке в 20.5%; Розенфельд и др., 2019), то мы получим общую зимнюю численность в 74700 птиц. И это без учета птиц, гнездящихся в тундрах между реками Хатанга и Лена, а также птиц, населяющих местообитания к югу от Таймыра. В целом, Восточно-азиатская континентальная пролетная популяция, вероятно, насчитывает 75000–80000 лебедей, и численность, скорее всего, имеет положительную динамику в 21 столетии, что характерно для других пролетных популяций этого вида.

В Восточно-азиатской континентальной пролетной популяции отмечено увеличение доли гнездящихся птиц, если в 1994 г. гнезилось толь-

ко 3% лебедей и только в дельте Лены (в среднем в популяции в областях учета гнездились 0.6% лебедей), то в 2020–2021 гнездование отмечено и в дельте Яны, а в среднем гнездились 7% от встреченных лебедей. Тем не менее большинство встреченных лебедей (93%) были негнездовыми, это может говорить о том, что в прибрежные учеты попадают преимущественно холостые птицы, сконцентрированные на северной границе ареала. Регистрация гнезд и выводков в областях, где в ходе исторического учета были отмечены только неразмножающиеся птицы (области YADE, INAL и ALKO, рис. 4), является дополнительным свидетельством смещения северной границы гнездового ареала на север. Если процесс потепления Арктики будет продолжаться, появления гнезд лебедей можно ожидать в таких областях как BUBA и OMBA, т.е. на побережье Северного-Ледовитого океана, вне дельт крупных “отепляющих” рек.

Тот же процесс расширения ареала лебедей на север, вероятно, ответственен за выявленные темпы роста плотности (и расчётной численности) **Западно-тихоокеанской пролетной популяции**. В данном случае наши данные могут быть верифицированы данными достаточно полного учета лебедей на зимовке в Японии (Ministry of the Environment of Japan, 2021). Если принимать во внимание только точечные значения численности на зимовке в 1994–1995 гг. (среднее 25400 особей) и в 2021 г. (53500 особей), то можно оценить рост этой популяции в 2.1 раза. При этом в областях авиаучетов плотность выросла в среднем в 3.05 раза. Резонно предположить, что часть этого роста — следствие перераспределения лебедей на север, в прибрежные районы гнездования. Примечательно, что зону наиболее плотного гнездования лебедей в историческом учете (Чаунская низменность) сейчас населяют столько же птиц, сколько и в 1990-е годы. Здесь пик гнездовой плотности пришелся на 2012–2014 годы, после чего наметился спад. Вероятно, плотность гнездования в 3.3 гнезд/км² максимальна для вида, больших значений она достигать просто не может, дальнейший рост плотности гнездования подвергается внутривидовой регуляции (Solovyeva et al., 2019). В целом, численность в гнездовых областях в 2020–2021 гг. была оценена в 41928 тундровых лебедей (табл. 3), что составляет 78% от зимней численности в январе тех же двух лет, без учета доли молодняка и ежегодной смертности. Следовательно, области учетов покрыли практически весь летний ареал этой популяции.

В целом, в Западно-тихоокеанской пролетной популяции в 1994 г. размножалось 15% лебедей, а в 2020–2021 — 17%, т.е. доля птиц на гнездах/при выводках не изменилась. Следует учитывать, что и в том, и в другом случае — это данные авиаучетов, при которых вероятность обнаружения лебе-

дей на гнезде ниже, чем вероятность обнаружения пары или стаи лебедей на кормежке или отдыхе.

Рост плотности **Западной (американской) пролетной популяции** не подлежит анализу, поскольку это незначительная по численности группировка, населяющая узкую полосу приморских тундр Восточной Чукотки. Несмотря на положительный тренд численности подвида в целом (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019 цит. по: Rees et al., 2019), продвижения его гнездового ареала на запад в Евразии не произошло (Кишинский, 1988; Поярков и др., 2000). Возможно, этому препятствует наблюдаемый рост численности Западно-тихоокеанской популяции *C. c. bewickii*, приводящий к конкуренции за летние местообитания. Наши данные поддерживают выводы предыдущих исследователей о маргинальном состоянии *C. c. columbianus* на Чукотке, для которого характерны низкая плотность и низкая доля гнездящихся птиц. Сегодня, как и ранее, эта группировка едва ли может быть оценена более чем в 1000 особей (Syroeschkovski, 2002).

Соотношение подвидов тундрового лебеда на Чукотке

При движении с запада на восток до долготы 175.3° з.д. в популяции преобладал *C. c. bewickii*, восточнее отмечено преобладание *C. c. columbianus* (рис. 5). Условной границей между областями доминирования *C. c. bewickii* и *C. c. columbianus* является р. Кымынейвеем (около 175.6° з.д., рис. 6). Интересно, что процесс смены доминанта происходит практически триггерно, т.е. не существует зоны, где оба подвида встречаются в равных долях (рис. 4). Самые западные *C. c. columbianus* были отмечены в дельте р. Пегтымель (175.4° в.д.), а самые восточные *C. c. bewickii* — на восточном побережье Колочинской губы (173.8° з.д.), таким образом, зона перекрывания ареалов подвидов простирается на 600 км вдоль арктического побережья. Эта зона, возможно, шире, т.к. *C. c. columbianus* зарегистрирован (вероятно, залет) на 168.2° в.д. (Solovyeva, 2016).

Литературные данные показывают похожее соотношение подвидов на Восточной Чукотке. На юге Чукотского п-ова и на косе Беляка (174.5° з.д.) гнездятся только *C. c. columbianus* (Дондуа, 2016; Косяк, Загребин, 2017). На участке от пос. Ванкарем (175.8° з.д.) до пос. Нутэпэльмен (174.9° з.д.) в июне–июле 2011 г. обитало 4–7 пар (включая 1 гнездовую пару) *C. c. columbianus* и только 1 особь *C. c. bewickii* (Голубев, Суин, 2014). В том же году все пары тундровых лебедей в устье р. Эквыватап (179° з.д.) были смешанными или гибридами (Архипов и др., 2014).

На зимовке в Японии отмечено только незначительное число *C. c. columbianus* (7–160 особей в

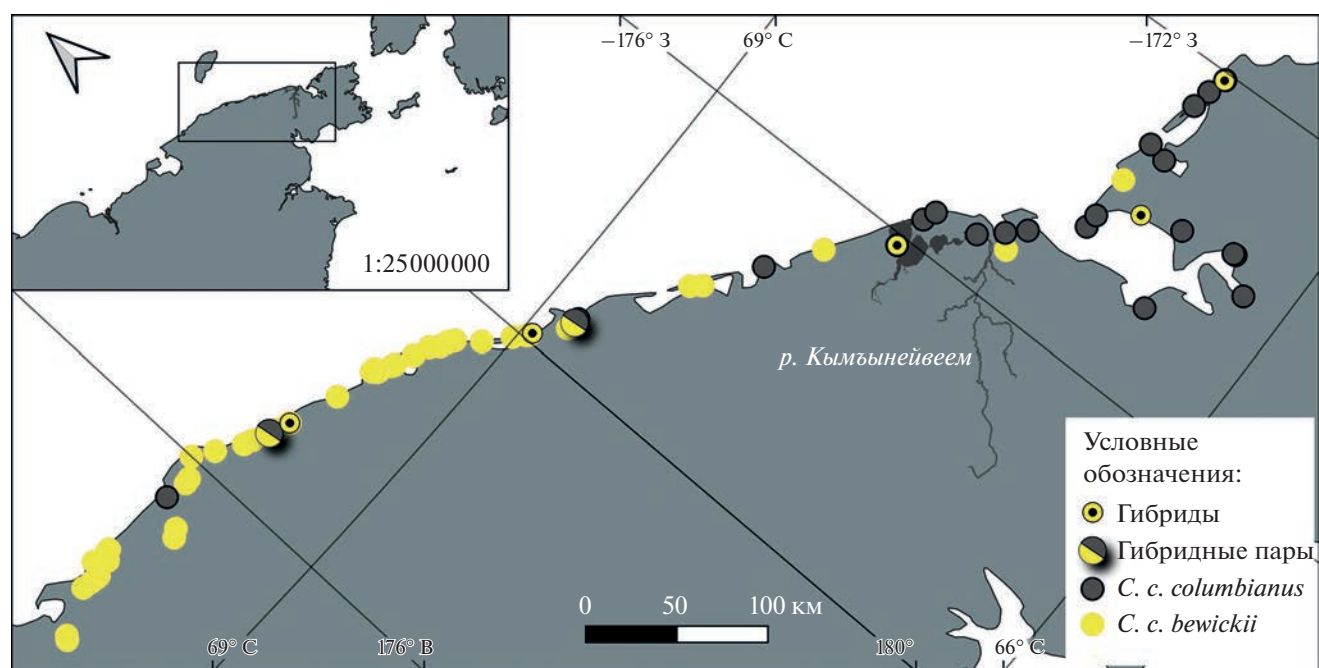


Рис. 6. Область перекрытия ареалов подвидов малого лебедя.

год, Rees et al., 2019), поэтому, вероятно, абсолютное большинство птиц этого подвида из зоны интерградации зимуют в США, куда они могут увести и своих партнеров и птенцов, включая гибриды. “Желтоклювые” лебеди в небольшом числе встречаются на Аляске, а также на пролете и зимовках в Альберте, Саскачеване, Орегоне и Калифорнии (Limpert et al., 2020).

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарим Е. Сыроечковского, В. Васильева, И. Бысыкатову-Харми, И. Колесова, Т. Стрюкову, Н. Зимову, А. Зимову, М. Бондаря, Л. Колпашикова, М. Соловьеву, А. Поповкину, Л. Мельника, В. Дормидонтова, П. Корякина, Р. Слепцова, С. Кавры, Д. Замятина, К. Павлюкова, персонал станции “Самойловский”, ГПЗ “Усть-Ленский”, Дирекцию биоресурсов и ООПТ Республики Саха-Якутии, ГПЗ “Объединенная дирекция заповедников Таймыра”, Национальный парк “Берингия”, Чукотскую Горно-геологическую Компанию за помощь в организации авиаучетных работ.

Отдельная благодарность Службе рыбы и дичи США, а также конкретно Стивену Колу, Питеру Пробаско, Тодду Сандерсу, Джулиану Фишеру, Хетер Вилсон и Майку Свайму за предоставление ГИС трансект 1990-х гг. и финансовую помощь в реализации проекта. Авторы искренне признательны Д. Ванжелюву за его вдохновляющий интерес к исследованиям тундровых лебедей. Данные о современной зимней численности лебедей в Японии любезно предоставлены К. Кояма.

Авторы благодарны анонимному рецензенту за детальную и конструктивную рецензию. Исследования выполнены при поддержке проектов РФФИ 1805-70117 “Ресурсы Арктики” и 19-44-890003 p_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипов В.Ю., Ноах Т., Кошкар С., Кондрашов Ф.А., 2014. Птицы мыса Шмидта и окрестностей // Русский орнитологический журнал. Т. 23. Экспресс-выпуск 1076. С. 3771–3797.
- Головнюк В.В., Бондарь М.Г., Гаврилов А.А., Колпашиков Л.А., Розенфельд С.Б., Киртаев Г.В., Поповкина А.Б., 2020. Распространение и динамика численности малого лебедя на Таймыре // Казарка. Вып. 22. С. 43–64.
- Голубев С.В., Суин М.В., 2014. Материалы по летней орнитофауне приморских ландшафтов Северной Чукотки // Дальневосточный орнитологический журнал. № 4. С. 20–41.
- Дондуа А.Г., 2016. Отчет по условиям размножения. Коса Беляка и о. Южный, Чукотский п-ов, Россия, 2016 // Птицы Арктики: программа сбора данных об условиях размножения арктических птиц. Ред. Соловьев М.Ю., Томкович П.С. Режим доступа: <http://www.arcticbirds.ru/info16/ru215ru11716r.html>. Дата доступа 14 ноября 2021.
- Кищинский А.А., 1988. Орнитофауна северо-востока Азии. М.: Наука. 288 с.
- Коблик Е.А., Редькин Я.А., 2004. Горячие точки таксономии гусеобразных фауны России и сопредельных регионов // Казарка. № 10. С. 47–65.
- Кондратьев А.Я., 1984. Миграции восточносибирских тундровых лебедей (*Cygnus bewickii ankowskii*) и их

- зимовки в Японии // Зоологический журнал. Т. 63. Вып. 12. С. 1835–1847.
- Косяк А.В., Загребин И.А., 2017. Американский лебедь *Cygnus columbianus* в национальном парке “Берингия” // Русский орнитологический журнал. Т. 26. Экспресс-выпуск 1529. С. 4928–4930.
- Розенфельд С.Б., Волков С.В., Рогова Н.В., Соловьев М.Ю., Киртаев Г.В., Замятин Д.О., Ванжелюв Д., 2019. Малый лебедь (*Cygnus bewickii*): существует ли экспансия азиатских популяций на запад? // Зоологический журнал. Т. 98. № 3. С. 302–313.
- Поярков Н.Д., Ходжес Дж., Элдридж В., 2000. Атлас распределения птиц в приморских тундрах северо-востока Азии (по материалам авиаучетов 1993–1995 гг.). М.: Издательство Центра охраны дикой природы. 86 с.
- Прокопенко О.Д., Барыкина Д.А., 2022. Динамика численности и успех размножения некоторых видов птиц дельты р. Апапельгин, Западная Чукотка // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. № 1. С. 66–76.
- Степанян Л.С., 1990. Конспект орнитологической фауны СССР. М.: Наука. 727 с.
- Титкова Т.Б., Виноградова В.В., 2019. Изменения климата в переходных природных зонах севера России и их проявления в спектральных характеристиках ландшафтов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 16. № 5. С. 310–323.
- Титкова Т.Б., Золотокрылин А.Н., 2021. Региональная неравномерность летнего потепления материковой Арктики как индикатор природных границ северных ландшафтов // Арктика: экология и экономика. Т. 11. № 3. С. 386–394.
- Томкович П.С., 2007. Аннотированный список птиц окрестностей города Певека, Чукотский автономный округ // Орнитология. № 34. С. 176–185.
- Clements J.F., Schulenberg T.S., Iliff M.J., Billerman S.M., Fredericks T.A., Gerbracht J.A., Lepage D., Sullivan B.L., Wood C.L., 2021. The eBird // Clements checklist of Birds of the World: v2021. <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/>
- Ely C.R., Sladen W.J.L., Wilson H.M., Savage S.E., Sowl K.M., Henry B., Schwitters M., Snowdon J., 2014. Delineation of Tundra Swan *Cygnus c. columbianus* populations in North America: geographic boundaries and interchange // Wildfowl. Vol. 64. P. 132–147.
- Evans M.E., Sladen W.J.I., 1980. A comparative analysis of the bill markings of Whistling and Bewick’s Swans and out-of-range occurrences of the two taxa // Auk. V. 97. P. 697–703.
- Fang L., Zhang J., Zhao Q., Solovyeva D., Vangeluwe D., Rozenfeld S., Lameris T., Xu Z., Byskatova-Harmey I., Batbayar N., Konishi K., Moon O., He B., Koyama K., Moriguchi S., Shimada T., Park J., Kim H., Liu G., Hu B., Gao D., Ruan L., Natsagdorj T., Davaasuren B., Antonov A., Mylnikova A., Stepanov A., Kirtaev G., Zamyatin D., Kazantzidis S., Sekijima T., Damba I., Lee H., Zhang B., Xie Y., Rees E., Cao L., Fox A., 2020. Two distinct flyways with different population trends of Bewick’s Swan *Cygnus columbianus bewickii* in East Asia // Wildfowl SI 6. P. 13–42.
- Gill F., Donsker D. (Eds), 2017. IOC World Bird List (v 7.3) <https://doi.org/10.14344/IOC.ML.7.3>. Дата обращения: 18 ноября 2021.
- Hodges J.I., Eldridge W.D., 2001. Aerial surveys of eiders and other waterbirds on the eastern Arctic coast of Russia // Wildfowl. V. 52. P. 127–142.
- Limpert R.J., Earnst S.L., Carboneras C., Kirwan G.M., 2020. Tundra Swan (*Cygnus columbianus*), version 1.0 // In: Birds of the World (S.M. Billerman, Ed.). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.tunswa.01>
- Makeev V.M., Ponomareva D.P., Pitulko V.V., Chernova G.M., Solovyeva D.V., 2003. Vegetation and Climate of the New Siberian Islands for the Past 15,000 Years // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. V. 35. № 1. P. 56–66.
- Ministry of the Environment, 2021. Japan Integrated Biodiversity Information System. The Biodiversity Center, Yamanashi, Japan. Available at http://www.biodic.go.jp/gankamo/gankamo_top.html (last accessed 20 November 2021). [In Japanese].
- Rees E.C., 2006. Bewick’s Swan. London, UK: T. & A.D. Poyser. 320 p.
- Rees E.S., Cao L., Clausen P., Coleman J., Cornely J., Einarsson O., Ely C.R., Kingsford R., Ming M., Mitchell C.D., Nagy S., Shimada T., Snyder J., Solovyeva D.V., Tijssen W., Vilina Y.A., Włodarczyk R., Brides K., 2019. Conservation status of the world’s swan populations, *Cygnus* sp. and *Coscoroba* sp.: a review of current trends and gaps in knowledge // Wildfowl. SI 5. P. 35–72.
- Solovyeva D.V., 2016. Observation of Tundra Swan in West Chukotka // In: Mitchell C.D. (ed). Swan News. № 12. Newsletter of the Wetlands International / IUCN SSC Swan Specialist Group. P. 28.
- Solovyeva D., Vartanyan S., 2014. Aspects of the breeding biology of Bewick’s Swans *Cygnus columbianus bewickii* nesting in high densities in the Chaun River delta, Chukotka, east Russia // Wildfowl. V. 64. P. 148–166.
- Solovyeva D., Koyama K., Vartanyan S., 2019. Living child-free: proposal for density-dependent regulation in Bewick’s Swans *Cygnus columbianus bewickii* // Wildfowl SI 5. P. 197–210.
- Syroechkovski E.E. jr., 2002. Distribution and Population Estimates for Swans in the Siberian Arctic in the 1990s // Waterbirds. Vol. 25 (Special Publication 1). P. 100–113.
- Vangeluwe D., Rozenfeld S., Volkov S., Kazantzidis S., Morosov V.V., Zamyatin D.O., Kirtaev G.V., 2018. Migrations of Bewick’s Swan (*Cygnus bewickii*): new data on tagging the migration routes, stopovers, and wintering sites // Biology Bulletin. Vol. 45. P. 90–101.
- U.S. Fish and Wildlife Service, 2019. Waterfowl population status, 2019. U.S. Department of the Interior, Washington D.C., USA.

THE TUNDRA SWAN, *CYGNUS COLUMBIANUS* (ANATIDAE), IN THE EASTERN ASIAN ARCTIC: TRENDS AND RANGES OF DIFFERENT FLYWAY POPULATIONS

D. V. Solovyeva¹, *, D. A. Barykina¹, **, G. V. Kirtaev², ***, V. V. Danilova³, ****, S. B. Rozenfeld², *****

¹*Institute of Biological Problems of the North, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Magadan, 685000 Russia*

²*Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia*

³*St. Petersburg, 190000 Russia*

*e-mail: diana_solovyova@mail.ru

**e-mail: daria.barykin@gmail.com

***e-mail: georgeusrr@gmail.com

****e-mail: valeriya981@mail.ru

*****e-mail: rozenfeldbro@mail.ru

The tundra of the eastern Asian Arctic is inhabited by at least three flyway populations of the Tundra swan: the East Asian continental migratory flyway population of *C. c. bewickii*; the western Pacific flyway population of *C. c. bewickii*, and the western (American) flyway population of *C. c. columbianus*. The main objective of the present paper is to assess population trends by comparing information on the historical (the only one in the tundra of northeastern Asia) bird aerial survey in 1993–1995 with the data of our aerial survey held in 2020–2021. Another aim was to estimate the proportion of breeding birds in different flyway populations. The size of the zone of intergradation *C. c. bewickii* and *C. c. columbianus* in Chukotka and the level of hybridization have so far remained poorly studied, this issue required clarification. Aerial survey data for 2020–2021 were processed using QantumGIS 9.16.5 software. The system included the following layers: a vector layer of the world map; routes of aerial surveys for 2020 and 2021; and polygons of counts for 1993–1995. The system made it possible to calculate the length of the survey. Estimates for each region were calculated for the extrapolation area given in the historical survey. Between 1993–1995 and 2020–2021, an increase in the numbers of all three flyway populations of the Tundra swan was revealed on the breeding grounds. The East Asian continental flyway population increased 3.86 times, vs. 3.05 times for the West Pacific flyway population (while the documented growth of this population was 2.1 times, according to mid-winter counts over the same period). The Western (American) flyway population grew 2.5 times. We believe that the northern border of the summer range of the Tundra swan has significantly shifted to the north, following the summer climate change and the northward shift of the subarctic tundra zone. Registration of nests and broods in areas where only non-breeding birds were recorded during the historical survey is additional evidence of a northward displacement of the range. Kymyneyveem R (about 175.6° W) borders the areas of dominance of *C. c. bewickii* and *C. c. columbianus*. The switch in dominance has been triggered off, as there is no zone where both subspecies would occur in equal proportions. The overlap area of both subspecies extends for 600 km along the Arctic coast.

Keywords: trends, *Cygnus columbianus bewickii* vs *Cygnus columbianus columbianus*, eastern Asian Arctic, aerial survey