

РАЗДЕЛ 1. СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Краткое сообщение

УДК 502.05, 502.2

 <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2025-2-24-29>

 <https://elibrary.ru/fbxucz>

Авиационный учет таймырской популяции дикого северного оленя (*Rangifer tarandus*) в 2024 году

Павел Владимирович Кочкирев¹, Денис Сергеевич Зарубин², Светлана Александровна Маковская³

^{1, 2, 3} ФГБУ «Государственный природный заповедник «Центральносибирский», п. Бор, Туруханский район, Красноярский край, Россия

^{1,2} csgbz@mail.ru

³ limendova@mail.ru

Аннотация. Таймырская популяция диких северных оленей представляет собой неотъемлемую часть экосистем севера Средней Сибири и является привлекательным объектом для туристов. В настоящее время она служит одним из источников питания и благосостояния коренных жителей Таймыра и севера Эвенкии. В 2024 г. проведены авиаучетные работы дикого северного оленя. В результате исследования установлены пути миграции помеченных годом ранее особей дикого северного оленя. Во время проведения авиаучетных работ выделены кластеры массового скопления животных, оценена их численность и половозрастная структура стад дикого северного оленя.

Ключевые слова: таймырская популяция дикого северного оленя, мониторинг, состояние популяции, территориальное размещение, половозрастная структура, численность

Финансирование: государственный контракт с Министерством природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края № 0119200000124002550 от 26.03.2024 г.

Для цитирования: Kochkarev P.B., Zarubin D.S., Makovskaya S.A. Aviation census of the Taymyr wild reindeer population (*Rangifer tarandus*) in 2024 // Anthropogenic transformation of nature. 2025. T. 11. № 2. С. 24-29. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2025-2-24-29>. EDN FBXUCZ.

SECTION 1. NATURE AND LANDSCAPE CONSERVATION

Short Communications Article

Aviation census of the Taymyr wild reindeer population (*Rangifer tarandus*) in 2024

Pavel V. Kochkarev¹, Denis S. Zarubin², Svetlana A. Makovskaya³

^{1, 2, 3} FSBSI "Central Siberian State Nature Reserve", Bor settlement, Turukhansky district, Krasnoyarsk Krai, Russia

^{1, 2} csgbz@mail.ru

³ limendova@mail.ru

Abstract. The Taymyr wild reindeer population is an integral part of the ecosystems of Northern Central Siberia and is an attractive tourist destination. Currently, it serves as one of the main sources of food and well-being for the indigenous peoples of Taymyr and Northern Evenkia. In 2024, aerial surveys of wild reindeer were conducted. As a result of the study, migration routes of tagged wild reindeer individuals in 2024 and summer pasture locations were established. During the aerial surveys, clusters of mass animal aggregations were identified, and their numbers and age-sex structure were assessed.

Keywords: Taymyr wild reindeer population, monitoring, population status, territorial distribution, age-sex structure, numbers

Funding: government contract with the Ministry of Natural Resources and Forestry of Krasnoyarsk Krai No. 0119200000124002550 dated March 26, 2024.

For citation: Kochkarev, P., Zarubin, D. and Makovskaya, S., 2025. Aviation census of the Taymyr wild reindeer population (*Rangifer tarandus*) in 2024. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 11(2), pp. 24-29. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2025-2-24-29>. EDN FBXUCZ. (in Russian)

Введение. Изучение, охрана и рациональное использование дикого северного оленя (*Rangifer tarandus*) на севере Средней Сибири, неразрывно связано с исследованиями мест зимовок, путей миграции, а

также численности этих животных. Данные исследования позволяют дать научно обоснованные практические предложения по хозяйственной эксплуатации диких оленей, поддержанию их численности и продуктивности на высоком уровне. Благодаря современным

методам и средствам изучения экологии диких северных оленей, стало возможным ещё более объективно и оперативно оценивать состояние популяции и рационально использовать её ресурсы. В последние два десятилетия наблюдается значительный спад численности дикого северного оленя на территории Таймыра. Проводимые исследования по мониторингу состояния и территориального размещения таймырской популяции помогут получить точное представление о численности дикого северного оленя, а также разработать эффективные меры по сохранению и охране этих животных.

Материалы и методы. Авиаучет проведен по методике [9], разработанной в НИИСХ Крайнего Севера, утвержденной Главным управлением охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР

(Главохотой РСФСР) в 1977 г. в качестве единой инструкции при авиаучёте диких оленей тундровых популяций. Методика неоднократно дополнялась под разные типы воздушных судов и оборудования, включая изменения в ходе текущего авиаучёта. Данная методика основана на использовании характерной экологической особенности диких северных оленей концентрироваться в крупные стада на ограниченной территории.

Авиаучетные работы проводились с 08 по 21 июля 2024 г. на двух самолетах-амфибиях: «Орион» СК-14 и СК-12.

Согласно методике, были проведены рекогносцировочные полеты и 15.07.2024 г. были проведены основные учётные полеты (рис. 1 / fig. 1)

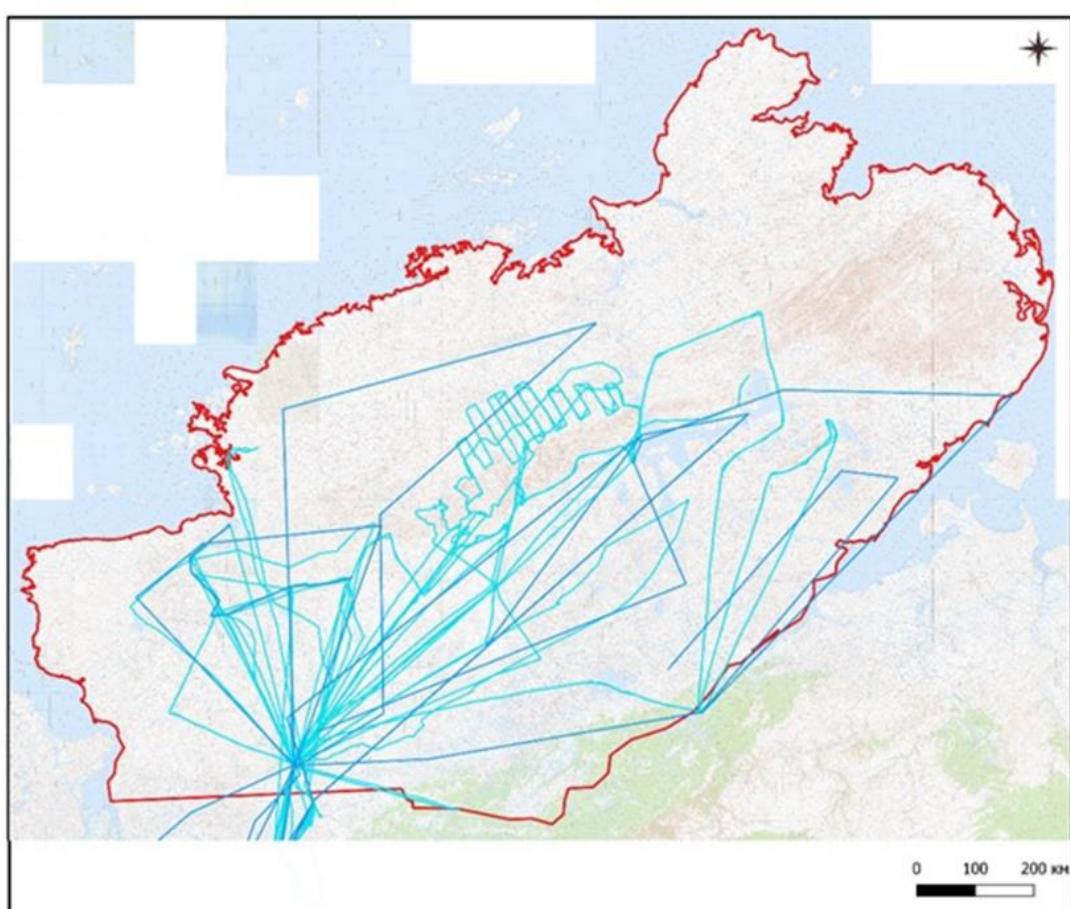


Рис. 1. Маршруты полетов
Fig. 1. Flight routes

При учете применялись два навигатора: у участника по правому борту и один авиационный навигатор. Треки полетов легли в основу карты 1:200 000 для контроля местоположения. Данные спутниковой телеметрии Argos, полученные от ошейников, установленных на северных оленях, способствовали повышению эффективности поисковых операций. Вся информация о ходе учета записывалась на цифровой диктофон с геопривязкой аудиофайла. Все оборудование синхронизировалось с точностью до одной секунды. Полет осуществлялся строго по заранее утвержденному маршруту, с обязательной регистрацией всех встреченных особей.

Сопоставляя метеоусловия, зональные и ландшафтные особенности размещения ключевых местообитаний, выявленные в прежние годы, данные спутниковой телеметрии, результаты рекогносцировочных обследований, мы оперативно спрогнозировали распределение основных стад дикого северного оленя. Для фотофиксации использовались зеркальные цифровые камеры с зум-объективами 24-400 мм. Ширина учётной полосы составляла 4 км (по 2 км по каждому борту), где фиксировались все встреченные животные. Плотность населения экстраполировалась на всю область учёта. Поиск крупных скоплений (более 1000 особей) проводился и вне полосы учёта (2-7,5 км по

каждому борту) при помощи зум-объективов и 12 кратных биноклей. Материалы (треки, фото, видео, аудио) копировались на ноутбук. Результаты подсчёта сравнивались с глазомерной оценкой (погрешность 6-7%, обычно завышенная). Численность животных на участке определялась путём расчёта плотности на 1 тыс. га и экстраполяции на общую площадь. Общая протяженность полетов составила 26 168 км.

Для прогнозирования изменений популяции при различных вариантах промысловой деятельности и плодовитости животных была разработана компьютерная модель популяции. Модель описывает динамику численности следующих групп животных с различием по полу: телят-сеголеток, молодых оленей 2 и 3 лет, взрослых особей. Коэффициенты смертности рассчитаны на основе данных о возрастной структуре промысловых выборок. Средний коэффициент смертности составляет 11-11,5% в год. Пополнение популяции определено по доле телят на момент авиаучета (15% с колебаниями от 10% (2021 г.) до 31% (2024 г.)).

Ввиду отсутствия достоверных сведений о промысловом изъятии оленей, в модели было принято, что величина изъятия оленей по лицензиям соответствует промысловой квоте: 2014-2019 гг. – 10%, 2020-2021 гг. – 8%, 2022-2024 гг. – 2,5%. Добыча коренным населением – 20 тыс. оленей. Начальные данные – учет 2014 г. Реперные точки – авиаучеты 2021 г. (241 тыс.) и 2024 г. (135-137 тыс.).

Результаты настройки модели показывают, что фактическое изъятие оленей по лицензиям составляет

8-7% расчетной численности популяции, что соответствует данным о транспортировке туш добывших оленей в основные пункты сбыта.

Прогнозные расчеты затруднены из-за неопределенности доли телят. Доля 31% в 2024 г. связана с благоприятными погодными условиями, повторение которых маловероятно. Наиболее вероятна доля телят в 2025-2027 гг. на уровне 15% от численности популяции.

Результаты и их обсуждение. В дни проведения учета на полуострове Таймыр было выделено 4 участка массового размещения дикого северного оленя:

Кластер А: территория северо-западнее гор Бырранги, площадь кластера (336 474 га), западнее кластера В;

Кластер В: территория северо-западнее гор Бырранги, площадь кластера (337 439 га), восточнее кластера А;

Кластер С разделен на 2 подкластера;

Кластер С1: территория юго-восточнее озера Таймыр, площадь кластер (17 204 га);

Кластер С2: территория северо-восточнее озера Таймыр, площадь кластер (17 527 га).

В ходе учета суммарно на всей территории полуострова Таймыр было обнаружено 66 891 оленей по учетным полосам. После экстраполяции на площадь кластеров, численность дикого северного оленя (далее – ДСО) составила 137 885 особей (табл. 1 / tabl. 1).

Таблица 1

Расчет численности таймырской популяции дикого северного оленя по данным авиаучетов 2024 г.

Table 1

Estimation of the Taimyr wild reindeer population based on aerial survey data from 2024.

Дата // Date	Кластер // Cluster	Площадь, (га) // Area, (ha)	Кол-во оленей по фото // Number of deers in the photo	Длина учетной полосы, км // The length of the accounting strip, km	Площадь учетной полосы, км ² // The area of the accounting strip, km ²	Оленей на кластер // Deer per cluster
15.07.2024	A	336 474	50 072	381,842	1 527,368	110 307
15.07.2024	B	337 439	16 153	516,064	2 064,256	26 405
11.07.2024	C1	17 204	595	24,691	98,764	1 037
11.07.2024	C2	17 527	71	22,807	91,228	137
				66 891		137 885

Всего отснято и обработано 3 248 фотографий. Для определения половозрастной структуры использовались фотографии, сделанные на низких высотах для возможности обнаружения вторичных половых признаков (рис. 2 / fig. 2). Анализ показал следующее половозрастное распределение: самцы – 11,91%, самки – 56,57%, телята – 31,51%. Доля самцов в 5 раз ниже самок, по причине группирования самцов в отдельные группировки и движения их на некотором отдалении от основного массива оленей.

По результатам авиаучета численность популяции оценивается в 137,9 тыс. голов. Таким образом, за 3 года после учета 2021 г. (с 2021 по 2024 г.) поголовье оленей сократилось на 103,7 тыс. (42,9%). Тенденция снижения численности сохранилась, несмотря на сокращение промысловой квоты более, чем в 3 раза по сравнению с квотой, действующей в предыдущий междучетный период (с 2014 г. по 2021 г.) [3].

По данным авиаучета, доля телят-сеголеток составила около 31,5 %, взрослых самок и молодняка 2-3 лет – около 56,6 %, взрослых самцов – 11,9 % от численности популяции.

По мнению непосредственных участников авиаучета 2024 г., аномально высокая доля телят вызвана следующими причинами:

1. Чрезвычайно благоприятными погодными условиями для нагула оленей в летне-осенний период 2023 г. Это позволило самкам, включая телившихся в предыдущий год, пропустивших и молодых, не участвовавших ранее в размножении, хорошо провести гон и реализовать свой продуктивный потенциал. Отметим, что по литературным данным яловость взрослых самок на Таймыре в 1970-1990 гг. составляла в среднем 12% (с колебаниями от 9 до 17%), молодых – около 60% с колебаниями от 10 до 90%).

2. Холодной затяжной весною 2024 г. Это дало возможность самкам, телящимся в предгорьях Путоран и южной части Таймыра, благополучно дойти с новорожденными телятами до территорий летних пастбищ по льду перед вскрытием рек. В более теплые годы большое количество телят гибнет на переправах от переохлаждения или невозможности выбраться из воды на протаявшие обрывистые береговые склоны.

Эти утверждения вполне соответствуют биологическим представлениям о динамике и воспроизводстве популяций диких северных оленей. Однако отсутствие регулярных мониторинговых данных о размещении мест отела, доле телят, яловости самок не позволяют подтвердить эти утверждения количественно.



А



В

Рис. 2. Примеры фотографий, использующихся для определения половозрастной структуры: А – стадо с преобладанием взрослых самцов, В – стадо с преобладанием самок с телятами.

Fig. 2. Examples of photographs used to determine the age and sex structure: A – a herd with a predominance of adult males, B – a herd with a predominance of females with calves.

Доля самцов по результатам авиаучета 2024 г. – низкая, около 12% от численности популяции. По данным 1969-1993 гг., доля самцов в популяции в среднем составляла около 18%, минимальная – 13,3% в 1969 г. Низкая доля самцов может быть связана с селективностью их промысла. Однако северные олени – полигамные животные, что обеспечивает сохранение высокой плодовитости при соотношениях самцы-самки от 1:2 до 1:4, встречаемых в естественных популяциях этих животных. Отметим, что чисто формально, снижение доли какой-либо группы животных в популяции отражается на повышение процентной доли других групп. Так, при доле самцов в 12% доля телят составляет около 31%. При доле самцов в 18% (многолетняя средняя на Таймыре) доля телят при тех же условиях составила бы 29%.

В табл. 2 / tabl. 2 приведены результаты прогнозных расчетов о динамике численности диких северных оленей таймырской популяции на интервале с 2024 г. до 2027 г. (дате проведения очередного авиаучета) при следующих вариантах промысловой деятельности:

1. Вариант 1 – Промысловая деятельность сохраняется на уровне предыдущего трехлетнего периода (промысловая квота – 2,5 % от численности популяции в 2024 г., добыча оленей коренным населением – 20 тыс. оленей в год).

2. Вариант 2 – Охота по лицензиям закрыта, добыча оленей коренным населением – 20 тыс. оленей в год.

3. Вариант 3 – Охота по лицензиям закрыта, добыча коренным населением – 2 тыс. оленей в год на питание.

Таблица 2

Прогноз численности таймырской популяции дикого северного оленя в 2024–2027 гг. при различных вариантах промысловой деятельности и добыче коренным населением

Forecast of the Taimyr wild reindeer population in 2024–2027 under various options of commercial activities and harvesting by indigenous peoples

Вариант // Option	2024	2025	2026	2027
1	135,3	126,4	102,9	81,3
2	135,3	127	108,1	91
3	135,3	128	129,2	134,4

В современной ситуации с северными оленями при отсутствии реального контроля за промысловой деятельностью охотников и существенных коле-

баниях доли телят-сеголеток (от 6-8% до 31,4%) необходимо проведение ежегодных авиаучетов по единой утвержденной методике в течение 3 лет. Результаты

учетов позволяют оценить реальную величину промыслового изъятия животных и доли телят в популяции для расчета промысловых квот и повышения эффективности решений по использованию ресурсов популяции. Крайний вариант – регулярные полномасштабные авиаучеты один раз в 3 года, и ежегодные авиаобследования популяции для оценки ее половозрастного состава по визуально различимым группам.

По мнению П.В. Kochkarева, причина падения численности популяции состоит в наличии двух не согласованных направлений в использовании ее ресурсов. Первое – квотирование, когда количество изымаемых животных непосредственно зависит от численности популяции. Второе – свободная добыча, определяемая потребностями населения (на Таймыре – 8 оленей на коренного жителя, на Севере Эвенкии – 7 оленей). Количество изымаемых оленей будет зависеть от численности и потребностей населения, но с численностью популяции непосредственне не связано. Важнейшей задачей является поиск компромиссов и согласование этих направлений, поскольку реализация первого приведет к резкому снижению жизненного уровня населения при ограничениях в использования ресурсов популяции, а второго – к исчерпанию этого ресурса в ближайшие годы.

Построенные математические модели развития популяции в первых двух вариантах указывают на отрицательный, а в третьем на слабый положительный тренд. В случае реального промысла и возможных неблагоприятных климатических условий, все три модели развития приведут к фактическому снижению численности ДСО.

Выводы. Таймырская популяция диких северных оленей представляет собой неотъемлемую часть экосистем севера Средней Сибири и является привлекательным объектом для туристов. В настоящее время она служит одним из главных источников питания и благосостояния коренных жителей Таймыра и севера Эвенкии.

Авиаучёт проведён по методике, разработанной в НИИСХ Крайнего Севера, утверждённой Главным управлением охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР (Главохотой РСФСР) в 1977 г. в качестве единой инструкции при авиаучете диких оленей тундровых популяций.

Общая протяженность полетов составила 26 168 км и 164 летных часов.

На основе данных телеметрии была создана картосхема, отражающая маршруты всех помеченных оленей в период с 26 марта по 30 сентября 2024 г. Эти данные можно разделить на три этапа – начало миграции, нахождение на летнее местообитание, миграция на зимние местообитания. Анализ полученных сведений показал, что существует прямая связь между началом миграционных процессов и значительными изменениями среднесуточной температуры.

В ходе учета суммарно на всей территории полуострова Таймыр было обнаружено 66 891 оленей по учетным полосам. После экстраполяции на площадь кластеров, численность ДСО составила 137 885 особей.

Половозрастная структура получила следующее распределение: самцы – 11,91%, самки – 56,57%, телята – 31,51%. Доля самцов в 5 раз ниже самок, по причине группирования самцов в отдельные группировки и движения их на некотором отдалении от основного массива оленей.

Сведения об авторском вкладе

П.В. Kochkarев – поиск и анализ исходных данных, выполнение расчетных работ.

Д.С. Зарубин – выполнение графических работ, проверка расчетов на соответствие с нормативными требованиями, вычитка финального варианта рукописи.

С.А. Маковская – подготовка первого варианта рукописи, формирование идеи.

Contribution of the authors

P.V. Kochkarev – source data search and analysis, calculations.

D.S. Zarubin – graphic design, calculation compliance checks, proofreading of the final manuscript.

S.A. Makovskaya – first draft of the manuscript, concept development.

Список источников

- Казьмин В.Д., Kochkarёв П.В., Зарубин Д.С., Маслова Е.С., Катаева О.А., Чиненко С.В. Исследование растительных кормовых ресурсов северного оленя в Центральной Сибири // Современные проблемы охотоведения: Материалы науч. конф. с междуд. уч., посвящённой 70-летию охотоведческого образования в ИСХИ-ИрГАУ (в рамках IX Межд. науч.-практ. конф. «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии»). Иркутск: ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 2020. С. 250-255.
- Колпациков Л.А. Таймырская популяция дикого северного оленя (биологические основы управления и устойчивого использования ресурсов): Автореф. ... дисс. докт. биол. наук. Норильск, 2000. 46 с.
- Кочкарёв П.В., Казьмин В.Д., Зарубин Д.С., Kochkarев А.П. Сезонные перемещения и необходимость контроля уровня использования таймырских диких северных оленей // Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов: Мат. науч. конф. с междуд. уч. в рамках XI междуд. науч.-практ. конф. Молодежный: ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 2022. С. 201-208.
- Кочкарёв П.В., Зарубин Д.С., Казьмин В.Д., Маслова Е.С., Kochkarёв А.П. Размещение кормовых ресурсов, плотность населения и кочёвки таёжного северного оленя в Центральной Сибири // Современные проблемы охотоведения: мат. междуд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию учебно-опытного охот. хоз-ва «Голоустное» им. О.В. Жарова в рамках X междуд. науч.-практ. конф. «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии». Молодежный: ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. С. 242-245.
- Кочкарёв П.В., Колпациков Л.А., Kochkarев А.П. Динамика популяций диких северных оленей (*Rangifer Tarandus*) тундряной и лесной формы на севере Красноярского края, факторы и риски // Вестник охотоведения. 2018. Т. 15. № 4. С. 266-270.

6. Кочкарев П.В., Михайлов В.В. Комплексный анализ содержания тяжелых металлов в органах и тканях дикого северного оленя (*Rangifer tarandus* L. 1758) // Вестник КрасГАУ. 2016. № 8. С. 21-27.
7. Кочкарев П.В. К экологии Центральносибирского северного оленя // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Мат. VII междунар. науч.-практ. конф. Иркутск: ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 2018. С. 197-201.
8. Наумов Н.П. Дикий северный олень. Москва: КОИЗ, 1933. 73 с.
9. Павлов Б.М., Куксов В.А., Савельев В.Д. Рациональное использование ресурсов диких оленей таймырской популяции. Новосибирск, 1976. 40 с.
10. Kochkarev P.V., Zarubin D.S., Maslova E.S. Studying the diet of wild reindeer (forest subspecies) (*Rangifer Tarandus* L.) in the territory of the Middle Yenisei taiga // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548(7). Article number 072049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072049>

References

1. Kazmin, V., Kochkarev, P., Zarubin, D., Maslova, E., Kataeva, O. and Chinenko, S., 2020. Research of vegetable feed resources of the Northern Deer in Central Siberia. In: Modern problems of hunting: Materials of National. Conf. Uch., dedicated to the 70th anniversary of hunting education in Iskhi-Irgau (within the framework of the IX of the Central Scientific and Prak. Conf. "Climate, ecology, agriculture of Eurasia"), Irkutsk, Russia. Irkutsk, Irgau them. A.A. Yegevsky, pp. 250-255. (in Russian)
2. Kolpashchikov, L., 2000. Taymyirskaya populjatsiya dikogo severnogo olenya (biologicheskie osnovy upravleniya i ustoychivogo ispolzovaniya resursov) [The Taimyr wild reindeer population (biological foundations of management and sustainable use of resources)]. Doctor's Dissertation Abstract of Sciences in Biology. Norilsk, 46 p. (in Russian)
3. Kochkarev, P., Kazmin, V., Zarubin, D. and Kochkarev, A., 2022. Seasonal movements and the need to control the level of use of Taimyr wild reindeer. In: Protection and rational use of animals and plant resources: Materials of National. Conf. With the mecess. Uch. Within the framework of the XI. Scientific-Proke. Conf. Molodezhnyy, Irgau them. A.A. Ezhevsky, pp. 201-208. (in Russian)
4. Kochkarev, P., Zarubin, D., Kazmin, V., Maslova, E. and Kochkarev A., 2021. The placement of feed resources, the density of the population and the nomadic of the taiga northern deer in Central Siberia. In: Modern problems of hunting: Materials of the International Scientific and Pract. Conf., dedicated to the 60th anniversary of the educational and experimental hunting. household "Goloustnoye" them. O.V. Zharov in the framework of the 10th International Scientific and Practical. Conf. "Climate, ecology, agriculture of Eurasia.", Molodezhnyy, Russia. Molodezhnyy, Irgau them. A.A. Ezhevsky, pp. 242-245. (in Russian)
5. Kochkarev, P., Kolpashchikov, L. and Kochkarev A., 2018. The dynamics of the population of wild reindeer deer (*Rangifer Tarandus*) of the tundra and forest form in the north of the Krasnoyarsk Territory, factors and risks. Bulletin of hunting, 15(4), pp. 266-270. (in Russian)
6. Kochkarev, P. and Mikhailov V., 2016. A comprehensive analysis of the content of heavy metals in the organs and tissues of the wild northern deer (*Rangifer Tarandus* L. 1758). Bulletin of Krasgau, (8), pp. 21-27. (in Russian)
7. Kochkarev, P., 2018. To the Ecology of the Central Siberian Northern Deer. Climate, Ecology, Agriculture of Eurasia: Materials of the VII member. Scientific and Practical. Conf. Irkutsk: Irgau them. A.A. Yegevsky, pp. 197-201. (in Russian)
8. Naumov, N., 1933. Wild Northern Deer. Moscow: Coiz, 73 p. (in Russian)
9. Pavlov, B., Kuksov, V. and Savelyev V., 1976. The rational use of the resources of wild deer of the Taimyr population. Novosibirsk, 40 p.
10. Kochkarev, P., Zarubin, D. and Maslova, E., 2020. Studying the Diet of Wild Reinder (Forest Subspecies) (*Rangifer Tarandus* L.) in the Territory of the Middle Yenisei Taiga. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 548(7), Article Number 072049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072049>

Статья поступила в редакцию 28.08.2025; одобрена после рецензирования 10.10.2025; принята к публикации 17.11.2025.

The article was submitted 28.08.2025; approved after reviewing 10.10.2025; accepted for publication 17.11.2025.