

ПОВТОРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ НОР ПЕСЦА (*VULPES LAGOPUS*) ОТМЕЧЕННЫХ В 1933 ГОДУ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

REPEATED SURVEY OF THE ARCTIC FOX (*VULPES LAGOPUS*) DENS DESCRIBED IN 1933 ON THE KOLA PENINSULA (MURMANSK REGION, RUSSIA) USING REMOTE SENSING APPROACHES

Тирронен К. Ф.

Панченко Д. В.

Tirronen K. F.

Panchenko D. V.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Кольский полуостров, песец (*Vulpes lagopus* L.), спутниковые снимки, дистанционное зондирование Земли

KEY WORDS:

Kola Peninsula, Arctic fox (*Vulpes lagopus* L.), satellite images, remote sensing of the Earth

АННОТАЦИЯ

В 1933 году по заданию Ленинградской зональной промохотбиостанции была предпринята экспедиция В. А. Золотова в Йоканго-Понойскую тундру для изучения биологии песца с целью организации там песцового хозяйства. В представленной работе приводятся результаты повторного обследования нор песца, выполненного в июне 2022 г., На подготовительном этапе, при проведении полевых работ и для обработки полученных данных применялись подходы дистанционного зондирования Земли. Использованы спутниковые изображения публичного доступа, в частности Esri (© ArcGIS.Clarity). Из четырех норвищ, заселенных песцом в 1933 г., удалось обнаружить два, причем одно оказалось жилым. Также в отчете В. А. Золотова были отмечены три пустовавшие норы, из них были найдены две также необитаемые. Обследование территории по предварительно намеченным реперным точкам на спутниковых снимках позволяет избежать поиска «вслепую», что дает экономию трудозатрат, времени и материальных ресурсов.

ABSTRACT

In 1933, on the order of the Leningrad Zonal Promohotbiostation, V.A. Zolotov's expedition was undertaken to the Yokango-Ponoy tundra to study the biology of the Arctic foxes following the task to organize an Arctic fox semi-free-ranging reproduction there. The paper presents the results of a repeated survey of the Arctic fox dens carried out in June 2022. At the first stage, during fieldwork and for processing the data obtained, approaches of remote sensing of the Earth were used. Public access satellite images were used, in particular Esri (© ArcGIS.Clarity). Of the four burrows inhabited by Arctic foxes in 1933, two were found, and one turned out to be residential. Also in the report of V. A. Zolotov, three empty dens were noted, two of them were also found uninhabited. The survey of the area according to preplanned reference points on satellite images allows to avoid searching "blindly", which saves labor, time and material resources.

Тирронен К. Ф.

Кандидат биологических наук, заведующий лабораторией зоологии Института биологии Карельского научного центра Российской академии наук (ИБ КарНЦ).

—
konstantin.tirronen@gmail.com

Tirronen K. F.

PhD in Biological Sciences, Head of the Laboratory of Zoology of the Institute of Biology of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (IB KarRC).

—
konstantin.tirronen@gmail.com

Панченко Д. В.

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории зоологии Института биологии Карельского научного центра Российской академии наук (ИБ КарНЦ).

—
danja@inbox.ru

Panchenko D. V.

PhD in Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Zoology of the Institute of Biology of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (IB KarRC).

—
danja@inbox.ru

Введение

В настоящее время дистанционные подходы широко применяются для изучения, мониторинга диких животных и непосредственно наблюдений за ними. Для этого применяются различные методы, например, традиционные: зимний маршрутный учет (ЗМУ) охотничьих животных в России [1], маршрутные учеты птиц по голосам [2], триангуляционная система в Финляндии [3], авиаучеты [4], [5] и многие другие. С развитием техники появились новые подходы: фотоловушки [6], [7], неинвазивные генетические методы [8], [9], дроны и прочие БПЛА [10]. Стали доступны методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а именно использование снимков высокого разрешения для идентификации объектов на местности. Наиболее часто такие изображения применяются в более или менее однородных ландшафтах, там, где искомым объект достаточно отчетливо контрастирует с окружающей средой. Например, для учета слонов в саваннах [11], копытных в степи [12], морских млекопитающих в океане [13] или колоний пингвинов в Антарктиде [14]. Обычно в таких исследованиях, в т. ч. и в упомянутых выше, применяются спутниковые снимки высокого и сверхвысокого разрешения — 0,5 м и выше. Идет работа над развитием автоматических комплексов распознавания объектов и обучением нейросетей. То же самое можно сказать в отношении фотоловушек и видовой диагностики. Кроме вышеперечисленных областей применения дешифровки спутниковых изображений, они также успешно использованы при распознавании построек животных, в частности нор сурков [15], [16].

В отношении объекта исследований — песца, система ДЗЗ пока не нашла широкого применения. Из опубликованных работ можно найти препринт статьи Шона Джонсона-Байса с соавторами об использовании снимков Sentinel-2 для оценки влияния песца на растительность тундр как результат роющей активности [17]. Довольно широко представлены работы по применению аэрофотоснимков для описания норовиц и учетов животных [18], [19].

Область проведения представленного исследования характеризуется обширностью, ненаселенностью, отсутствием дорожной сети и общей труднодоступностью. Проведение полевых работ в таких условиях становится исключительно трудозатратным и дорогостоящим. С целью сокращения финансовых и временных расходов, а также вклада «человеческого капитала» при проведении натурного обследования было принято решение воспользоваться преимуществами системы ДЗЗ.

В прошлом песец был одним из ценнейших объектов пушных заготовок, а впоследствии и звероводства, но сегодня вид уже не имеет прежнего значения. Стоит заметить, что в отдельные периоды в Мурманской области по стоимости мехов ему принадлежало третье место, хотя по количеству шкур — не выше восьмого [20]. Его добыча здесь в конце 1920-х — начале 1930-х годов достигала 300 шкурок за сезон, но затем сократилась до нескольких десятков [21]. Именно высокая ценность пушнины для экономики страны обусловила проведение широкомасштабных исследований по всему ареалу вида на территории бывшего СССР и в том числе и на Кольском п-ове.

Одной из причин сокращения численности вида назывался нерациональный промысел [22]. Однако в середине 1960-х гг. численность песца на данной территории предположительно оценивалась в 1–2 тысячи особей [23]. По современным оценкам на Кольском полуострове обитает всего несколько десятков взрослых особей [24], [25].

Целью настоящей работы стало узконаправленное применение возможностей ДЗЗ — поиск и проверка норовиц песца обнаруженных в ходе экспедиции В. А. Золотова в 1933 г. [21] по берегам реки Каменка и ее притокам (Кольский п-ов, Россия).

Материал и методы исследований

Район исследований — северо-восток Кольского п-ова (67.59, 40.51), бассейны рек: Лумбовка, Каменка, Сарагорушка.

Спутниковые изображения использовались для решения двух задач: первая — сопоставление схематичных изображений из отчета В. А. Золотова [21] (рис. 1) с наиболее подходящими снимками (в зависимости от облачности, сезона года, разрешения снимка); вторая — подготовка навигационной картографии и позиционирования наблюдений на местности.

Схематичное изображение — карта опытного участка с рисунка 1 [21] — вручную сопоставлялось с современными спутниковыми снимками этой территории. На представленной в отчете схеме изображены шесть пронумерованных норвищ и одно без номера, также отмечено, были ли норы заселены песцом на момент обследования (рис. 1). Комментарии в тексте отчета к обнаруженным норвищам отсутствуют.

На первом этапе авторы использовали снимки высокого разрешения (0,6-1,2 метра) на базе программы SASPlanet (211230.10225 Stable. ©2007-2021), главным образом, со спутников Esri (© ArcGIS.Clarity). На представленных снимках достаточно четко можно идентифицировать и измерить различные относительно небольшие объекты (рис. 2). В дальнейшем готовые карты, маршруты экспедиции, локации для проверки переносились в портативные устройства — смартфоны для этого использовали мобильные приложения OruxMaps v.7.4.23 (© Jose Vazquez) (с конвертацией форматов в OruxMapsDesktop) и Locus Map 4.9.2 (Asamm Software, s.r.o.).

На этапе камеральной обработки данных программа SASPlanet использовалась для расчета площадей норвищ, как непосредственно с изображений, так и по границам полигонов, «отбитых» в ходе их обследования на местности.

Результаты и обсуждения

Опираясь на наш опыт работы в полевых условиях в разных типах тундр Кольского п-ова, а также применения спутниковых снимков для сходных задач, были определены с разной степенью вероятности GPS-позиции для каждой из нор со схемы В. А. Золотова (рис. 3). С высокой долей вероятности мы определили позиции двух обитаемых в 1933 г. нор № 1 и 2, они расположены на вершинах песчаных отложений приречных террас и имеют цветовую гамму, характерную для растительных ассоциаций, развивающихся вокруг песчаных нор (табл. 1). Локация норы № 3 согласовывалась с чертами, характерными для норвищ, и приблизительно с очертаниями рельефа на схеме, но неоднозначно. В результате ее местоположение было поставлено под сомнение. Позиция норы № 4 согласовывалась с элементами рельефа на схеме и снимках, однако по виду больше совпадала с приречными луговинами на спутниковых картах, и также была обозначена знаком «?». Норвище № 5 отмечено на схеме в достаточно характерном месте, и его расположение не вызывало сомнений, однако нора «не читалась» на снимках, поэтому ее локация была определена условно по позиции на схеме. Нору № 6 вообще не удалось связать ни с одним из типичных объектов на снимках, а равно и с каким-либо характерным элементом ландшафта.

Помимо нор, указанных на схеме В. А. Золотова, при работе с картами в районе исследований были отмечены дополнительные объекты с присущими для норвищ характеристиками. Условное норвище, обозначенное на карте как Den Sat, имеет все характерные признаки: ярко-зеленый цвет, отличный от фона тундры; отчетливо просматриваются кочки; расположено на вершине холма в окружении различных типов тундры; озеро менее чем в 200 м; площадь около 400 м² (рис. 3, 4а). В ходе натурного обследования (21.06.2022 г.) объект Den Sat оказался заочкаренной злаковой луговиной неясного генезиса, полностью покрытой дождевой водой, но не имеющей отношения к норной деятельности песцов. Локация Suspected hole Sat на рисунках 3 и 4б была расположена на краю небольшого озера и в меньшей степени подходила под описание норвища, но также была осмотрена на местности и представляла собой сфагновое пятно посреди тундровых кустарничков.

Спустя 90 лет с момента проведения экспедиции В. А. Золотова удалось обнаружить 4 из 7 норвищ. Очевидно, что применение систем ДЗЗ эффективно в отношении задач исследования, но даже в «ручном» режиме дает много ошибок и требует проверки на местности. Разработка автоматических систем распознавания объектов типа «норвище» на основе снимков открытого доступа нецелесообразно, но применение их для подготовки полевых исследований оправдано ввиду отсутствия финансовых вложений и относительно небольших затрат времени.

[Redacted Table Header]				
1	Zolotov Den 1	1	1	Активное норвище. 33 отнорка, 8 используемых. Запах песка, шерсть, следы, экскременты. S - 639 м ² .

				Установлены фотоловушки. (67.600462, 40.546142)
2	Zolotov Den 2	0	0	Норовище не заселено. Своеобразной формы — «центральное ядро» с уходящим в тундру «языком». В «ядре» 28 отнорков и 2 подновленных, «язык» — 13 отнорков и 9 подновлены. Шерсть и следы отсутствуют. Кем посещалось, не установлено. S ~ 595 м ² . (67.582372, 40.553077)
3	Zolotov Den 3	0	н/о	Локация с соответствующими характеристиками (яркое пятно растительности и его размер, близость непересыхающего источника воды, расположение) при проверке в поле оказалось заболоченным сфагновым участком (координаты объекта 67.569555, 40.410096)
4	Zolotov Den 4	1	0	Норовище на песчаном берегу р. Каменка (в 10 м). 25 отнорков и 5 свежих, но безуспешных попыток выкопать новые норы (вид не определен). Частично затоплено сильными осадками. S ~ 355 м ² . (67.549306, 40.248844)
5	Zolotov Den 5	1	н/о	
6	-	1	н/о	
?	Old Den Field	0	0	Заброшенное норовище, 8 старых отнорков. На берегу р. Каменка. Обнаружено случайно. S ~ 160 м ² . (67.552657, 40.298839)

* номер норовища по рис. 1. [21]

** 1 — нора заселена; 0 — не заселена; н/о — не обнаружена

Вместо послесловия

В 1933 г. из 7 нор пустовали 3, а в 2022 г. только одна была заселена. На этом норовище были установлены автоматические камеры, которые, мы надеемся, зафиксируют снимки одних из последних песцов Кольского полуострова (фото в Приложении). Схожую картину исчезновения песца в самой западной части ареала вида в России мы наблюдаем все годы проведения полевых работ с 2017 года.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность С. А. Симонову за наставления и бесценную помощь при создании ГИС-среды для мобильных устройств. При проведении полевых исследований нашими надежными спутниками были С. А. Симонов и М. В. Матанцева, за что им огромное спасибо.

Финансирование

Работа выполнялась в рамках государственного задания FMEN-2022-0003 и при финансовой поддержке гранта ПОРА № 320-Г «Космический песец. Применение системы ДЗЗ для точечного обследования ключевых областей норения песца, на Кольском п-ове».

Литература

1. Приклонский С.Г. Инструкция по зимнему маршрутному учету. М.: Колос, 1972. 16 с.
 2. Новиков Г.А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. М., 1949.
 3. Линден Х., Хелле Э., Хелле П. и Викман М. Схема треугольной дикой природы в Финляндии: методы и цели мониторинга популяций диких животных // Финн. Игра Рез. 1996. 49: 4–11.
 4. Кузякин В.А., Челинцев Н.Г., Ломанов И.К. Методические рекомендации по авиаучету лося и других лесных копытных животных на больших территориях. М.: Росинформагротех, 2009. 31 с
 5. Чейз М.Дж., Шлосберг С., Гриффин К.Р., Буше П.Дж.К., Джене С.В., Элкан П.В., Феррейра С., Гроссман Ф., Кохи Э.М., Ланден К., Омонди П., Пельтье А., Селье С.А. Дж., Сатклифф Р. Континент-Широкое исследование выявило массовое сокращение численности африканских саванных слонов // PeerJ 2016. 4:e2354 <https://doi.org/10.7717/peerj.2354>.
 6. Колчин С.А., Ткаченко К.Н. Применение фотоловушек в изучении крупных хищных млекопитающих юга Дальнего Востока // Дистанционные методы исследования в зоологии. Материалы научной конференции. М.: КМК, 2011. 33 с.
 7. Кейн М.Д., Морин Д.Дж. и Келли М. Дж. Потенциал фотоловушек и моделей пространственного наблюдения для улучшения мониторинга западноафриканского льва, находящегося под угрозой исчезновения (*Panthera leo*) // Biodivers. Conserv. 2015. 24, 3527–3541.
 8. Кузнецова А.С., Тирронен К.Ф., Панченко Д.В., Шрегель Дж., Хижкин Е.А. Оценка эффективности методических приемов сбора и консервации неинвазивных проб при проведении популяционно-генетических исследований бурого медведя (*Ursus arctos L.*) // Труды КарНЦ РАН. 2019. № 6. С. 113–122.
 9. Бэнкс С.К., Пигготт М.П. Неинвазивная генетическая выборка — один из наших самых мощных и этичных инструментов для мониторинга популяций исчезающих видов: ответ Lavery et al. // Биодайверс Консерв. 2022. 31, 723–728.
 10. Болтунов А.Н., Семенова В.С., Соколов А.А., Кучейко А.А. Недавно обнаруженное лежбище атлантических моржей (*Odobenus rosmarus rosmarus*) на полуострове Ямал стало крупнейшим в Карском море // Полярная биол. 2021. 44, 2077–2083.
 11. Дюпорж И., Исупова О., Рис С., Макдональд Д.В. и Ван Т. Использование спутниковых изображений очень высокого разрешения и глубокого обучения для обнаружения и подсчета африканских слонов в неоднородных ландшафтах // Дистанционное зондирование в экологии и охране природы, 2021. 7(3):369–381.
 12. Рожнов В.В., Ячменникова А.А., Добрынин Д.В. О возможности идентификации сайгака (*Saiga tatarica*) на космических снимках сверхвысокого разрешения // ДАН, 2014. 459(6): 769–773.
 13. Кубайнс Х.К., Фретвелл П.Т., Бэмфорд К., Герриш Л., Джексон Дж.А. Киты из космоса: четыре вида усатых китов описаны с помощью новых спутниковых изображений VHR // Наука о морских млекопитающих, 2019. 35(2): 466–491.
 14. Фретвелл П.Т., ЛаРю М.А., Морин П., Койман Г.Л., Винеке Б., Рэтклифф Н. и др. Исправление: оценка популяции императорских пингвинов: первое глобальное синоптическое исследование вида из космоса // PLoS ONE. 2012. 7(4): 10.1371/annotation/32c246eb-3b73-4410-a44c-b41ddae11fc5.
 15. Колесников В.В., Кетова Н.С., Брандлер О.В. Возможности использования космических снимков для учета сурков // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 17–20.
 16. Кошкина А., Григорьева И., Токарский В., Уразалиев Р., Кюммерле Т., Хельцель Н., Камп Дж. Сурки из космоса: оценка численности популяции и использования среды обитания роющим млекопитающим по общедоступным спутниковым снимкам // Дистанционное зондирование в экологии и охране природы, 2020 г. 6 (2): 153–167.
 17. Джонсон-Байс С.М., Рот Дж.Д., Маркхэм Дж.Х. Космический взгляд на «сады тундры»: спутниковые снимки дают ландшафтную перспективу инженерии экосистемы песца // <https://doi.org/10.1101/2022.08.23.504941>.
 18. Гаррот Р.А., Эберхард Л.Е., Хансон В.К. Идентификация и характеристика логова песца на севере Аляски // Кан. Дж. Зул. 1983. Т. 61. С. 423–426.
 19. Пулен Ф.Л., Фортье Д., Берто Д. Низкая уязвимость логова песцов к геологическим угрозам, связанным с изменением климата, на острове Байлот, Нунавут // Arctic Sci. 2021. 7: 746–761.
 20. Семенов-Тянь-Шанский О.И. Звери Мурманской области. 1982. 176 с.
 21. Золотов В.А. Разработка методики биотехнических мероприятий по песцу. Рукопись. Ленинградская зональная промзоотстанция. 1933. 42 с.
 22. Дубровский А.Н. 1939. Песец Кольского полуострова // Тр. Ин-та полярн. земледелия. Вып. 6. С. 43–52.
 23. Гелтнер В.Г., Наумов Н.П., Юргенсон П.Б., Слудский А.А., Чиркова А.Ф., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. Т. 2(1). М. 1967. 1003 с.
 24. Дален Л., Квалой К., Линнелл Дж.Д.К., Эльмхаген Б., Странд О., Таннерфельдт М., Хенттонен Х., Фуглей Э., Ланда А., Ангерберн А. Структура популяции песца, находящегося под угрозой исчезновения: имеет ли значение генетика? // мол. Экол. Т. 15. 2006. С. 2809–2819.
25. Тирронен К., Эрхис Д., Панченко Д., Дален Л., Ангерберн А. Песец (*Vulpes lagopus L.*) на Кольском полуострове (Россия): тихо исчезает в тумане дефицита данных? // Полярная биол. 2021. 44: 913–925.

References

1. Priklojnsky S.G. Instructions for winter route accounting. M.: Kolos, 1972. 16 p.
2. Novikov G.A. Field studies of the ecology of terrestrial vertebrates. M., 1949.
3. Lindén H., Helle E., Helle P. & Wikman M. Wildlife triangle scheme in Finland: methods and aims for monitoring wildlife populations // Finn. game res. 1996.49:4–11.
4. Kuzyakin V.A., Chelintsev N.G., Lomanov I.K. Guidelines for aerial survey of elk and other forest ungulates over large areas. M.: Rosinformagrotekh, 2009. 31 p.
5. Chase M.J., Schlossberg S., Griffin C.R., Bouché P.J.C., Djene S.W., Elkan P.W., Ferreira S., Grossman F., Kohi E.M., Landen K., Omondi P., Peltier A., Selier S.A.J., Sutcliffe R. Continent-wide survey reveals massive decline in African savannah elephants // PeerJ 2016. 4:e2354 <https://doi.org/10.7717/peerj.2354>
6. Kolchin S.A., Tkachenko K.N. The use of camera traps in the study of large predatory mammals in the south of the Far East // Remote methods of research in zoology. Materials of scientific conference. M.: KMK, 2011. 33 p.
7. Kane M.D., Morin D.J. & Kelly M.J. Potential for camera-traps and spatial mark-resight models to improve monitoring of the critically endangered West African lion (*Panthera leo*) // Biodivers. Conserv. 2015. 24, 3527–3541.
8. Kuznetsova A.S., Tirronen K.F., Panchenko D.V., Shregel J., Khizhkin E.A. Evaluation of the effectiveness of methodological methods for collecting and preserving non-invasive samples during population genetic studies of the brown bear (*Ursus arctos L.*) // Transactions of Karelian Research Center of Russian Academy of Science. 2019. No. 6. P. 113–122.
9. Banks S.C., Piggott M.P. Non-invasive genetic sampling is one of our most powerful and ethical tools for threatened species population monitoring: a reply to Lavery et al. // Biodivers Conserv. 2022. 31, 723–728.
10. Boltunov A.N., Semenova V.S., Sokolov A.A., Kucheyko A.A. Newly detected haul-out of Atlantic walrus (*Odobenus rosmarus rosmarus*) on Yamal Peninsula has become the biggest in the Kara Sea // Polar Biol. 2021. 44, 2077–2083.
11. Duporge I., Isupova O., Reece S., Macdonald D.W. & Wang T. Using very-high-resolution satellite imagery and deep learning to detect and count African elephants in heterogeneous landscapes // Remote Sensing in Ecology and Conservation 2021. 7(3):369–381.
12. Rozhnov V.V., Yachmennikova A.A., Dobrynin D.V. On Possibility to Identify the Saiga Antelope (*Saiga tatarica*) on Veryhigh Resolution Satellite Images // Doklady Akademii Nauk, 2014. 459(6): 769–773.
13. Cubaynes H.C., Fretwell P.T., Bamford C., Gerrish L., Jackson J.A. Whales from space: Four mysticete species described using new VHR satellite imagery // Marine mammal science, 2019. 35(2): 466–491.
14. Fretwell P.T., LaRue M.A., Morin P., Kooymann G.L., Wienecke B., Ratcliffe N., et al. Correction: An Emperor Penguin Population Estimate: The First Global, Synoptic Survey of a Species from Space // PLoS ONE. 2012. 7(4): 10.1371/annotation/32c246eb-3b73-4410-a44c-b41ddae11fc5.
15. Kolesnikov V.V., Ketova N.S., Brandler O.V. Possibilities of using space images to account for marmots // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2011. No. 3. P. 17–20.
16. Koshkina A., Grigoryeva I., Tokarsky V., Urazaliyev R., Kuemmerle T., Hölzel N. & Kamp J. Marmots from space: assessing population size and habitat use of a burrowing mammal using publicly available satellite images // Remote Sensing in Ecology and Conservation 2020. 6(2):153–167.

17. Johnson-Bice S.M., Roth J.D., Markham J.H A cosmic view of 'tundra gardens': satellite imagery provides a landscape-scale perspective of Arctic fox ecosystem engineering // <https://doi.org/10.1101/2022.08.23.504941>
18. Garrot R.A., Eberhard L.E., Hanson W.C. Arctic fox den identification and characteristics in northern Alaska // *Can. J. Zool.* 1983. V. 61. P. 423–426.
19. Poulin F.L., Fortier D., Berteaux D. Low vulnerability of Arctic fox dens to climate change-related geohazards on Bylot Island, Nunavut // *Arctic Sci.* 2021. 7: 746–761.
20. Semenov-Tyan-Shansky O.I. *Animals of the Murmansk region.* 1982. 176 p.
21. Zolotov V.A. Development of a methodology for biotechnical measures for arctic fox. Manuscript. Leningrad zonal promotional station. 1933. 42 p.
22. Dubrovsky A.N. 1939. Arctic fox of the Kola Peninsula // *Tr. In-ta polar. agriculture.* Issue. 6. S. 43–52.
23. Geptner V.G., Naumov N.P., Yurgenson P.B., Sludsky A.A., Chirkova A.F., Bannikov A.G. *Mammals of the Soviet Union.* T. 2(1). M. 1967. 1003 p.
24. Dalén L., Kvaloy K., Linnell J.D.C., Elmhagen B., Strand O., Tannerfeldt M., Henttonen, H., Fuglei E., Landa A., Angerbjörn A. Population structure in a critically endangered arctic fox population: does genetics matter? // *Mol. Ecol.* V. 15. 2006. P. 2809–2819.
25. Tirronen K., Ehrich D., Panchenko D., Dalén L., Angerbjörn A. The Arctic fox (*Vulpes lagopus* L.) on the Kola Peninsula (Russia): silently disappearing in the mist of data deficiency? // *Polar Biol.* 2021. 44: 913–925.