ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, 2019, № 3, с. 80–91

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛЫМ МЕДВЕДЕМ (*Ursus maritimus*) МЕСТООБИТАНИЙ ВДОЛЬ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

©2019 г. Н. Г. Платонов[1]*, И. А. Мизин[2], Е. А. Иванов[1], И. Н. Мордвинцев[1], С. В. Найденко[1], В. В. Рожнов[1]

[1] *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва*
[2] *Национальный парк «Русская Арктика», Архангельск*
**E-mail: platonov@sevin.ru*

Поступила в редакцию 19.03.2019 г.

На примере самки белого медведя (*Ursus maritimus*), помеченной ошейником со спутниковым передатчиком системы Argos на острове Вайгач, проведен анализ данных по ее перемещению относительно береговой линии в районе Карских ворот с апреля 2016 г. по сентябрь 2017 г. Анализ траектории перемещения медведицы выявил периоды ее большей (при нахождении на льду) и меньшей (на суше) подвижности и направленности перемещения. Наибольшая площадь участка обитания медведицы в среднемесячном масштабе была в мае 2016 г. при перемещениях по мелкобитому льду, наименьшая — в январе 2017 г. при нахождении на суше при отсутствии льда. Для анализа использования ресурсов среды использовали оценки расстояния до побережья (27% времени на побережье, 33% на суше, 40% в акватории). Сравнение с предыдущими исследованиями показало, что даже при наличии морского льда сохраняется приверженность медведей суши.

Ключевые слова: белый медведь, спутниковые ошейники, Argos, траектории перемещений, участки обитания, береговая линия, Карское море

DOI: https://doi.org/10.31857/S0205-96142019380-91

ВВЕДЕНИЕ

Местообитания белого медведя (*Ursus maritimus*) — морской лед и арктическое побережье материка и островов. Эти два типа местообитаний белого медведя разделены береговой линией, с одной стороны которой находятся места, где медведицы устраивают родовые берлоги, с другой — места, где они охотятся на основную добычу — ластоногих. Таким образом, для самок эти местообитания функционально различаются, тогда как для самцов такие различия отсутствуют. Выраженность линии разделения местообитаний в разное время года различна: зимой лед подходит к побережью, летом — полоса воды отделяет его от побережья. Это в значительной степени определяет и особенности питания белого медведя. Ранее с помощью метода изотопного анализа нами было показано, что белые медведи карско-баренцевоморской популяции частично зависимы от ресурсов наземного происхождения (Иванов и др., 2018). Однако поступление «наземного» углерода в организм медведей осуществляется, по-видимому, преимущественно опосредованным путем — через освоение морскими пищевыми сетями выносимого сибирскими реками органического вещества.

Считается, что при благоприятных условиях (доступность основного вида пищевых ресурсов — ластоногих) с сушей связаны лишь самки, где они залегают в родовые берлоги, рождают медвежат и воспитывают их в первые дни жизни (Успенский, 1989; Stirling, 2011). Для обеспечения доступа беременной самки с мест нагула в районы, благоприятные для формирования родовых берлог, морской лед должен обладать свойствами надежной транспортной платформы. Наши предыдущие исследования в период 2010–2014 гг. подтверждают приверженность медведей в ледовый период, как суши, так и морского льда Арктики (Платонов и др., 2014; Рожнов и др., 2014, 2015, 2017).

Цель настоящей работы состояла в оценке приверженности белых медведей береговой линии на протяжении их годового жизненного цикла и сравнение особенностей использования пространства вдоль береговой линии по обе ее стороны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ использования пространства вдоль береговой линии проведен на примере одной из самок белого медведя, данные о перемещениях

которой были получены в период, охватывающий ее полный годовой жизненный цикл. Кроме того, полученные данные дополнены материалами, собранными для других самок белого медведя в течение 2016–2017 гг. Использование пространства белыми медведями оценивали по следующим параметрам: расстояние животного до береговой линии, прямолинейность траектории, размеры участка обитания при нахождении медведя на береговой линии, на берегу и на морском льду. Перемещения белых медведей сопоставляли с состоянием ледового покрова.

Отлов и мечение. После обнаружения самки белого медведя с двумя годовалыми медвежатами на припайном льду вблизи восточного побережья о. Вайгач 20.04.2016 г., она была обездвижена с вертолета в точке с координатами 70°09'19" с.ш. 59°47'19" в.д. Медведица была оснащена ошейником со спутниковым передатчиком Argos (ЗАО «ЭсПас») с идентификационным номером «111355» и ушной меткой желтого цвета с идентификатором «B-02F». Возраст медведицы, масса тела которой составила 230 кг, а длина тела 220 см, был оценен в 15 лет.

После короткого (4 ч) восстановительного периода помеченная самка покинула побережье о. Вайгач, вышла на морской лед и 22.04.2016 г. пошла на север со скоростью более 4 км/ч, совершив многочасовой переход. 24.04.2016 г. она изменила направление на юго-западное, пройдя 7 км за 2 ч. 25.04.2016 г. медведица вновь пошла на север, пройдя 24 км с 8 ч до 17 ч, а 26.04.2016 г. она прошла 41 км в северо-западном направлении с 1 ч до 13 ч. Локации, полученные за этот период, в анализе использованы не были.

Работа спутникового передатчика Argos. Радиопередатчик функционировал в течение 503 дней. За это время от него получено 7257 уникальных сообщений с координатами различных классов точности (табл. 1).

Уменьшение частоты сообщений приводит к увеличению ошибки оценки усредненного местоположения за определенный интервал времени. Поэтому были выделены периоды, в течение которых частота сообщений, в среднем, не сильно отличалась для дней, относящихся к данному периоду, и периоды, в течение которых она имела значительные расхождения, в среднем, с днями, не относящимися к данному периоду. Для этого использовали метод поиска структурных изменений (Zeileis et al., 2003), основанный на определении временны́х периодов таким образом, чтобы сумма среднеквадратической ошибки отклонений от линейной регрессии при нулевом значении коэффициента наклона прямой для всех периодов была минимальна. Верификация полученных результатов, проведенная методом сегментации на основе штрафной функции контрастов (Lavielle, 1999, 2005) по обнаружению отличий в средних значениях, показала, что оценки границ сегментов совпали.

С 20.04.2016 г. (дата мечения и начала приема сообщений) до 19.05.2016 г. ежедневно поступало в среднем 38.7 сообщений, с 20.05.2016 г. по 28.12.2016 г. частота поступления сообщений уменьшилась до 23.3 в день, а 29.12.2016 г. она сократилась существенно — с 25.2 до 3.6 в день. С 29.12.2016 г. по 29.03.2017 г. она составила 8.2 сообщений в день, с 29.03.2017 г. по 04.09.2017 г.— 1.1 сообщений в день). Уменьшение частоты принимаемых сообщений со временем (рис. 1) связано с уменьшением заряда батареи.

Построение траектории с регулярными отрезками. На основе полученных локаций самки белого медведя была построена траектория с равноудаленными по времени узловыми точками по методике, аналогичной использованной ранее (Платонов и др., 2014; Рожнов и др., 2017). В первой работе (Платонов и др., 2014) использован временной шаг 24 ч для согласованности со среднесуточными данными по ледовой обстановке, во второй (Рожнов и др., 2017) временной шаг был принят 6 ч для согласованности с данными по атмосферной циркуляции и для согласованности с ежедневными ледовыми картами применялось прореживание временного ряда. В данной работе временной шаг между узловыми точками траектории составил 1 ч.

Для построения узловой точки использовали локации во временно́м промежутке 1.5 ч до и 1.5 ч после времени узловой точки. Если за этот период число локаций составляло меньше трех, как минимум одна локация должна быть раньше

Таблица 1. Классы точности сообщений (CLS, 2016, раздел 3.4) спутникового передатчика Argos

Параметр	Классы точности						
	3	2	1	0	A	B	Z
Число сообщений	911	970	809	266	1681	2557	63
Частота сообщений (%)	12.55	13.37	11.15	3.67	23.16	35.23	0.87

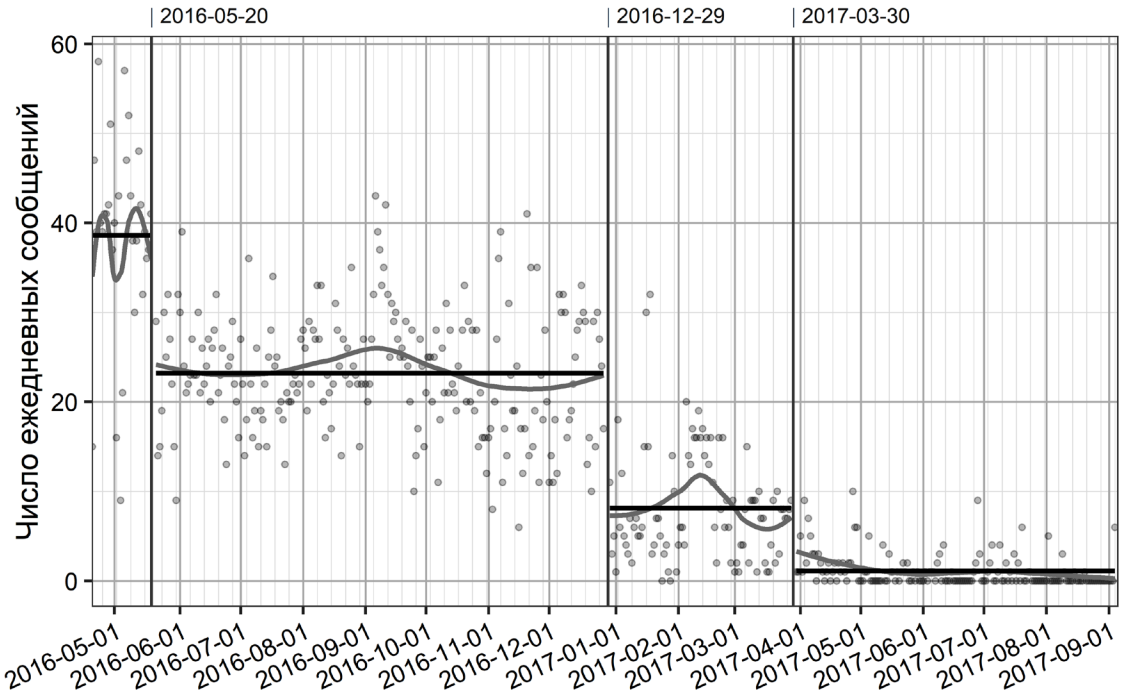

Рис. 1. Изменение суточной частоты принимаемых сообщений.

времени узловой точки и одна — позже времени узловой точки; в результате временной промежуток расширялся на 0.75 ч как для предшествующего интервала, так и для последующего. Если для нового промежутка число локаций меньше трех и их время как до, так и после времени узловой точки, то интервал расширяется еще на 0.75 ч до и после. Максимально возможный интервал составляет 12–6 ч до и 6 ч после времени узловой точки. Если для этого интервала число локаций меньше трех (с выполнением условия, что время узловой точки между самой ранней и самой поздней локации), то рассматривается время ближайшей локации. Если локация менее 0.5 ч от времени узловой точки, то позиция локации использовалась для задания локации узловой точки.

Корректировку траектории осуществляли путем удаления локаций, позиция которых, по-видимому, не соответствовала действительности, поскольку такие локации вносят наибольшие искажения. Для этого в среде ГИС (в работе использовали QGIS, однако решение может быть реализовано и в альтернативных продуктах) создавали следующий набор слоев: 1) локации, 2) узловые точки, 3) линейные отрезки траектории между узловыми точками, 4) линейные отрезки между узловыми точками и локациями, участвующими в формировании позиции узловых точек. Для облегчения идентификации атрибутивную таблицу каждого слоя дополняли второстепенной информацией. Использовались такие инструменты ГИС, как скрытие слоев при низком уровне детализации, отображение подписей и скрытие их при низком уровне детализации, вычисляемая толщина линии отрезков траектории в зависимости от скорости, получение атрибутивной информации по выделению слоя.

На каждом шаге рассматривали только одну локацию для удаления, после чего траекторию пересчитывали. Во внимание принимали следующие особенности: средняя скорость белого медведя уменьшается при увеличении продолжительности движения, резкая смена направления движения (например, 150° и более) при высокой скорости маловероятна. Максимальная скорость самки с годовалым медвежонком (применительно к нашему случаю) в краткосрочном интервале (⩽8 ч) составляет 8.43 км/ч (по квантилю 95% — 4.25 км/ч), в долгосрочном (>8 ч) — 2.93 км/ч (95% — 1.56 км/ч) (Amstrup et al., 2001). В нашем анализе мы критично рассматривали отрезки, проходимые со скоростью более 4 км/ч, особенно если время между узловыми точками было более 1 ч.

Расстояние белого медведя до береговой линии. Для оценки расстояния животного до береговой линии использовали данные проекта Open Street Map (Torf, Horman, 2018).

Прямолинейность траектории. Прямолинейность траектории отражает направленность перемещения животного и поисковый характер его поведения. Эта характеристика может быть

получена из прямолинейности расположения последовательных точек локаций, которая может быть оценена значением косинуса угла поворота соседних отрезков. Исходная траектория с равноудаленными по времени (1 ч) узловыми точками была преобразована в траекторию с равноудаленными по дальности (1000 м) узловыми точками. Анализ показал, что косинус угла поворота имеет высокую вариабельность даже при движении по ориентиру, поэтому мы применили усреднение этой характеристики на 5000 м пути.

Активность перемещений. По выбранному параметру — расстоянию между равноудаленными по времени узловыми точками — построен временной ряд, для которого осуществлена непараметрическая сегментация на однородные интервалы с использованием метода штрафа контрастной функцией (Lavielle, 1999, 2005) с целью выделения периодов перемещений с активным использованием пространства и оседлости с преобладающим пребыванием в одном месте. Этот метод, в частности, был использован для сегментации траектории с целью выявления мест отдыха животных (Barraquand, Benhamou, 2008). Узловые точки после 28.12.2016 г. нами были исключены из анализа из-за увеличившихся пропусков в данных. Минимальная продолжительность периода была задана 6 дней, чтобы исключить слишком короткие интервалы времени и уменьшить число периодов. Тип контрастной функции выбран, исходя из предположения, что среднее значение каждого периода отличается от среднего значения соседних периодов. Для определения числа периодов использовали график зависимости контрастной функции от числа периодов, по которому значение абсциссы, для которой происходит значительное уменьшение наклона контрастной функции, оказалось равным 6. Для визуализации усредненных показателей строили график, по оси ординат которого откладывали расстояние между узловыми точками и для каждого периода строили полигональную аппроксимационную функцию (Cleveland, Devlin, 1988) и функцию-константу, соответствующую среднему значению.

Размеры участка обитания. Участок обитания построен на основе ежемесячных фрагментов траектории с помощью метода фиксированного контура (Worton, 1989; Seaman, Powell, 1996). Данные двух последних месяцев отслеживания (август и сентябрь 2017 г.) исключены из анализа, так как для каждого из этих периодов для траектории было отобрано только по шесть узловых точек. Для анализа участков обитания использовались контуры по уровням 50% (ядерная зона), 75%, 90%, 95%.

Данные о ледовой обстановке. Получение данных спутниковой биотелеметрии сопровождалось сбором следующих ледовых параметров — основного местообитания белого медведя:

– Концентрация морского льда по данным пассивного микроволнового зондирования (AMSR2), пространственное разрешение 6.25 км. Ежесуточные данные (Spreen et al., 2008).

– Обзорные карты по данным активного микроволнового зондирования (однодневная и трехдневная мозаика Sentinel-1A, Sentinel-1B, Sentinel-1A+1B, пространственное разрешение 1 км). Временнóе покрытие нерегулярное (DTU Space, 2017).

– Данные активного микроволнового зондирования Sentinel-1A и Sentinel-1B (с 26.09.2016 г.), продукт GRD, режим EW, пространственное разрешение ~90 м (пиксель 40 м), поляризация HH и HV (European Union and European Space Agency, 2018). Временнóе покрытие нерегулярное.

– Ледовые карты Норвежского полярного института (Copernicus, 2018). Несколько градаций сплоченности льда (открытая вода, очень разреженный лед, разреженный лед, сплоченный лед, очень сплоченный лед, припай). Ежедневная выгрузка актуальных данных через WMS (нет возможности получить архив) осуществлялась преимущественно в автоматическом режиме с помощью планировщика задач на рабочем месте. Обычное временнóе покрытие — понедельник, вторник, среда, четверг, пятница, но могут быть пропуски как в будни, так и обновление данных в выходные дни. 6.03.2017 г. на сервере заменено программное обеспечение, в течение около двух недель данные не были получены.

– Карты маргинальной зоны льда Национального ледового центра (US NIC, 2018). Две градации сплоченности — сплоченный лед (80–100%) и зона маргинального льда (15–80%). Ежесуточные данные.

– Данные оптического диапазона Corrected Reflectance: MODIS Aqua Bands 721, MODIS Aqua TrueColor, MODIS Terra Bands 721, MODIS Terra TrueColor, VIIRS SNPP Suomi TrueColor (NASA EOSDIS, 2018). Пространственное разрешение от 250 м. Ежесуточные данные; практическое применение только в период достаточной освещенности при отсутствии сплошной облачности.

Данные высокого разрешения и данные оптического диапазона использовали, преимущественно, в случаях, когда локации белого медведя попадали на участки открытой воды вдали от ледовой кромки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Приверженность береговой линии. При заданной буферной зоне береговой линии в 1.0 км (0.5 км вглубь побережья и 0.5 км в сторону морского льда) самка белого медведя с медвежатами провела на береговой линии 137.0 дней (27.3% времени отслеживания перемещения), на суше 165.4 дня (32.9%) и на покрытой и непокрытой льдами морской акватории 200.1 дня (39.8%). В периоды с 11.07.2016 г. по 2.08.2016 г. и с 12.02.2017 г. по 25.03.2017 г. отмечены наиболее значительные проникновения самки белого медведя вглубь суши — на расстояние до 15–20 км (рис. 2).

Прямолинейность траектории. Важным показателем активности является угол поворота следующего отрезка траектории. Если угол поворота мал, то это этап направленного движения. В противном случае — этап отдыха или выжидательной охоты. Выявляются локации, когда косинус угла поворота очень близко приближается к 1 (рис. 3).

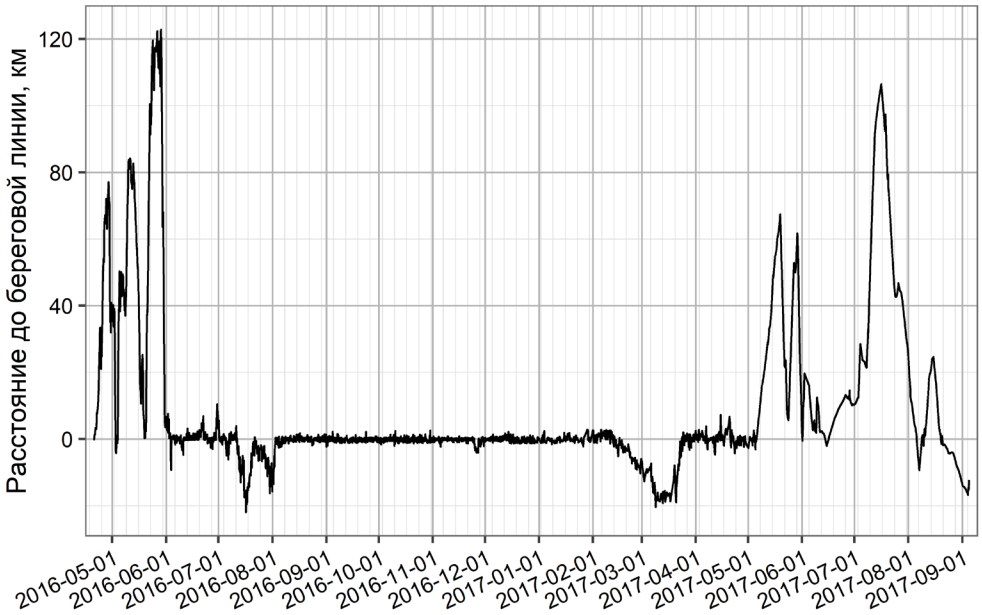

Рис. 2. Расстояние до береговой линии (значения ниже нулевой линии соответствуют положению на суше, выше — на морском льду).

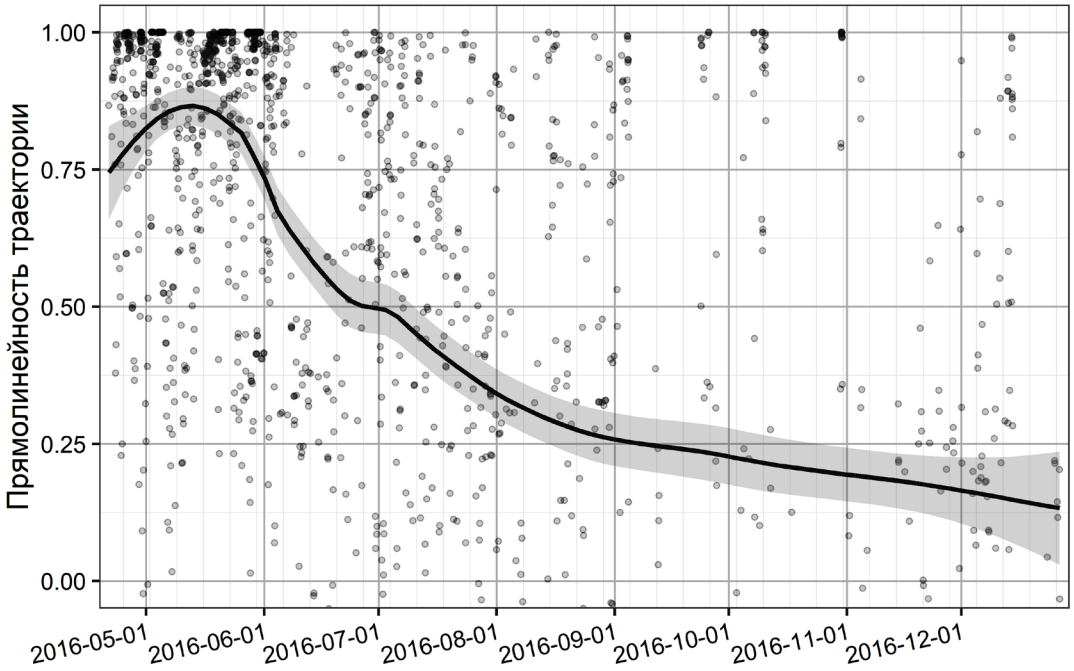

Рис. 3. Изменение прямолинейности траектории самки белого медведя.

Активность перемещений. Параметры шести выделенных однородных периодов с отличающейся активностью использования пространства представлены в табл. 2. Визуализация усредненных показателей приведена на графике (рис. 4).

В течение первого периода (20.04.-17.05.2016 г., среднее расстояние между узловыми точками траектории 1265 м) самка белого медведя с медвежатами перемещалась преимущественно по льду, при этом идентифицировались периоды плавания в открытой воде (например, 35.6 км с 08:00 до 20:00 2.05.2016 г. и 97.4 км с 03:00 4.05.2016 г. до 12:00 5.05.2016 г.). После второго заплыва движение происходило в северо-западном направлении до 14.05.2016 г. по мелкобитому льду, поэтому возможны короткие периоды плавания с одной льдины на другую. Затем медведица изменила направление на северо-восточное, которое сохранялось до окончания периода.

Второй период (17.05.2016–04.06.2016 г.) характеризуется большим расстоянием между отмеченными ежечасно узловыми точками (в среднем 1765 м). Медведица перемещалась в восточном направлении и высокая скорость, по-видимому, связана со стремлением покинуть начавший таять мелкобитый лед и достичь более надежной ледовой опоры. Выявлено два периода плавания либо частого пребывания в открытой воде: в северном направлении на расстояние 63.6 км в период с 14:00 21.05.2016 г. до 21:00 22.05.2016 г. и в юго-западном направлении на расстояние 56.3 км в период с 22:00 29.05.2016 г. до 02:00 31.05.2016 г., после чего медведица приблизилась к побережью Новой Земли и вышла на припайный лед. В конце периода она была на п-ове Пиритовом после достаточного быстрого пересечения сухопутной части юго-восточной оконечности о-ва Южный (21.6 км).

В начале третьего периода (04.06.2016–02.08.2016 г.) самка с медвежатами осваивала

Таблица 2. Параметры однородных периодов различной активности перемещений

Число узловых точек	Число пропусков данных	Начало периода	Окончание периода
647	70	2016–04–20 12:00	2016–05–17 10:00
424	92	2016–05–17 11:00	2016–06–04 02:00
1421	315	2016–06–04 03:00	2016–08–02 07:00
801	152	2016–08–02 08:00	2016–09–04 16:00
1331	318	2016–09–04 17:00	2016–10–30 03:00
1436	526	2016–10–30 04:00	2016–12–28 23:00

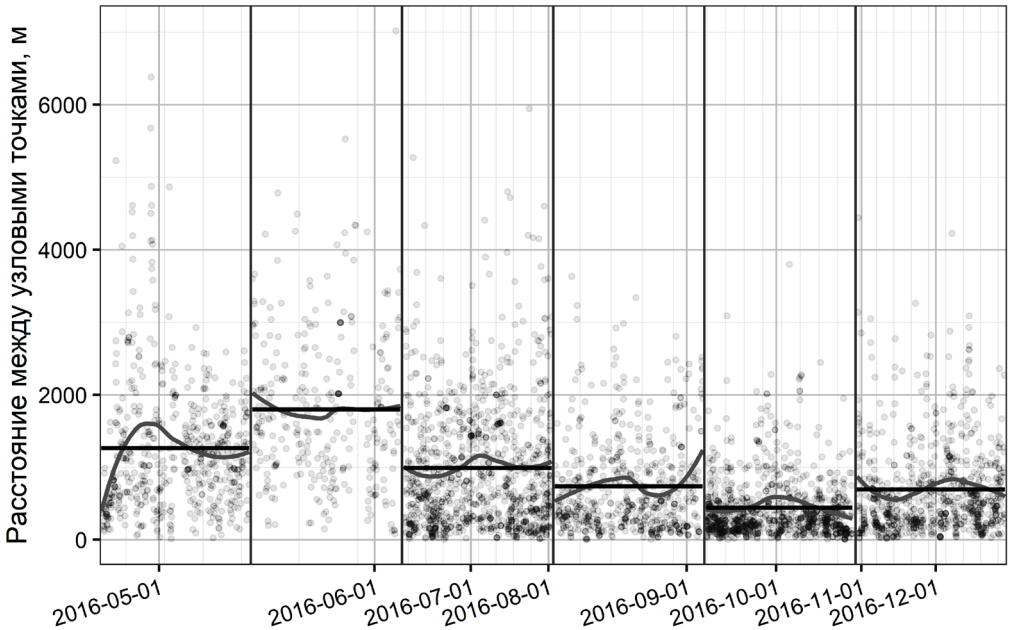

Рис. 4. Однородные периоды различной активности перемещений самки белого медведя. Для каждого периода свой временнóй масштаб; тонкие вертикальные линии сетки соответствуют недельному интервалу.

острова на юге о. Южный архипелага Новая Земля. С 07.07.2016 г. с побережья губы Заблудшей началось ее движение вглубь островной части, и к концу периода она вышла к зал. Нерпа. Расстояние между узловыми точками для этого интервала составило в среднем 990 м.

В течение четвертого периода (02.08.2016–04.09.2016 г.) наблюдалось размеренное перемещение (в среднем 739 м между узловыми точками) в северном направлении вдоль западного побережья о. Южный и к концу периода семья вышла к п. Белушья Губа.

Пятый период (04.09.2016–30.10.2016 г.) характеризовался преобладающим присутствием в 3 км к югу от центра п. Белушья Губа. Это самый пассивный период из всех рассмотренных. Среднее расстояние между узловыми точками составило 443 м. 23.09.2016 г. семейная группа совершила переход на п-ов Выпуклый (23 км к востоку), а 10.10.2016 г. вернулась обратно.

Шестой период (30.10.2016–28.12.2016 г.), для которого среднее расстояние между узловыми точками составило 696 м, был более активным, чем пятый, но более пассивным, чем четвертый. Самка белого медведя и ее медвежата продолжали находиться в районе заброшенных и разрушенных строений к югу от п. Белушья Губа, но временами выходили на замерзшую акваторию к западу от их преобладающей локации. Возрастание активности медведицы в ноябре и декабре 2016 г., по-видимому, связано с замерзанием бухт и попыткой охоты на ластоногих на сформировавшемся льду.

Участок обитания. Для анализа ежемесячно используемого медведицей пространства использовали площади участков обитания с контурами по уровням 50%, 75%, 90%, 95% (рис. 5).

Пространственное распределение используемых участков (рис. 5) и их площади (табл. 3) заметно отличаются по сезонам. Наибольшая площадь отмечается в апреле (с учетом неполного месяца) и мае 2016 г. В течение этого периода легкодоступной добычи детенышей тюленей, медведица и ее медвежата осваивали большие территории, причем активное перемещение могло быть вызвано отсутствием в регионе надежной транспортной основы в виде морского льда. В июне и августе 2016 г. участок обитания обусловлен перемещением вдоль доминирующей береговой линии о. Южный архипелага.

На рис. 2 для этого периода отсутствуют перемещения как вглубь суши, так и вплавь между островами. Увеличение участка в июле 2016 г.

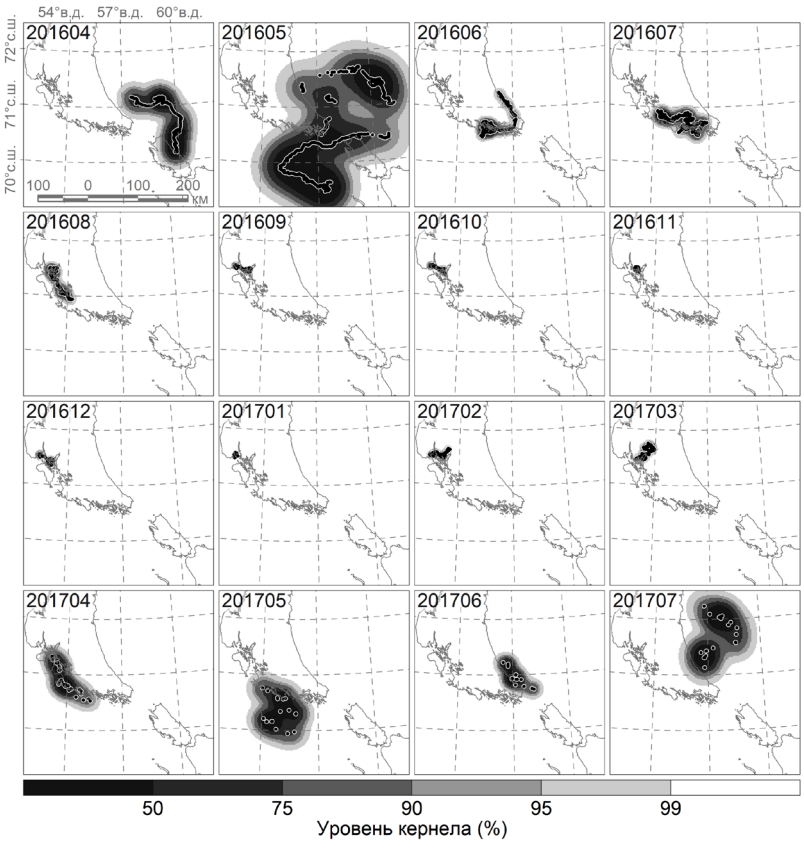

Рис. 5. Месячные участки обитания, полученные методом фиксированного контура, для заданного уровня кернела (процента попадания узловых точек траектории).

Таблица 3. Площади месячных участков обитания по заданному проценту попадания узловых точек траектории

Месяц	Число узловых точек	Процент попадания				
		50%	75%	90%	95%	99%
Апрель 2016 г.	238	3394	6744	10347	12756	17767
Май 2016 г.	604	17148	34167	52195	62586	82608
Июнь 2016 г.	564	441	1151	2497	3368	4991
Июль 2016 г.	577	1514	2750	4059	4922	6676
Август 2016 г.	616	491	1035	1727	2182	3120
Сентябрь 2016 г.	575	56	173	335	444	649
Октябрь 2016 г.	535	81	206	379	500	738
Ноябрь 2016 г.	434	12	32	52	69	101
Декабрь 2016 г.	460	125	262	439	572	851
Январь 2017 г.	180	8	16	28	40	52
Февраль 2017 г.	244	169	383	617	770	1089
Март 2017 г.	147	331	605	904	1106	1529
Апрель 2017 г.	55	1548	3135	5144	6498	9351
Май 2017 г.	21	3496	6520	9812	12023	16641
Июнь 2017 г.	24	941	1962	3224	4068	5845
Июль 2017 г.	31	3933	8046	12664	15756	22349

вызвано продолжительными заходами вглубь суши в юго-западной части Новой Земли для вероятной добычи яиц птиц и молодняка наземных животных. С сентября 2016 г. по февраль 2017 г. активность перемещения падает, участок обитания уменьшается значительно, достигая минимальной площади в январе. С середины марта 2017 г. (рис. 2) подвижность возрастает в связи с тем, что медведица начинает исследовать покрытую льдом прибрежную акваторию. В апреле 2017 г. ее перемещение осуществляется в меридиональном направлении в 15–20 км от берега, а в мае активней использует морской лед Баренцева моря. В июне 2017 г. участок обитания уменьшается за счет использования прибрежной акватории Карского моря, а в июле его площадь возрастает за счет активного освоения акватории к востоку от о. Южный.

ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях регионального дефицита морского льда возрастает нагрузка на использование наземных ресурсов среды. Такую нагрузку можно оценить, используя параметр удаленности белого медведя от береговой линии. При этом на побережье возрастает вероятность возникновения конфликтных ситуаций между белым медведем и человеком.

Как и на Земле Франца-Иосифа (Рожнов и др., 2014) (четыре самки из пяти), в первые дни после мечения отмечено последовательное увеличение расстояния между узловыми точками траектории. В условиях отсутствия беспокойства (присутствие взрослых самцов, приглядывающихся к медвежатам, подвижность морского льда), после обездвиживания белые медведи, по-видимому, предпочитают отлеживаться. К примеру, медведица на Таймыре (Рожнов и др., 2017) после обездвиживания на льду вышла на о. Зап. Каменный, на котором провела около суток.

Полученные нами ранее данные о перемещениях самок белого медведя свидетельствуют о предпочтении некоторыми семейными группами местообитаний на суше.

Так, анализ данных по встречаемости семейных групп белого медведя у северной оконечности архипелага Новая Земля (о. Северный, район м. Желания) в связи с ледовой обстановкой в период 2010–2014 гг. показал, что в летний период она зависит от сроков вскрытия ледового покрова, определяющих возможный период покидания архипелага и ухода на льды (Рожнов и др., 2015). Появление белых медведей на северной оконечности архипелага в конце лета обусловлено стремлением перебраться на формирующийся морской лед, а присутствие медведиц с сеголетками на территории архипелага в конце летнего периода подтверждает формирование здесь родовых берлог.

Проанализированные в недельном интервале с 39 недели 2012 г. по 3 неделю 2013 г. данные

о перемещениях самки белого медведя с годовалым медвежонком, помеченной ошейником со спутниковым передатчиком на архипелаге Земля Франца-Иосифа (о. Земля Александра) осенью 2012 г. (на 34 неделе), показали, что при отсутствии льда она перебралась через пролив Кембридж с о. Земля Александры на о. Земля Георга. После формирования льда (на 48-й неделе) медведица удалялась от берега между 51-й и 52-й неделями, а в остальное время предпочитала держаться на суше вблизи береговой линии или в небольших бухтах и заливах о. Земля Георга.

Другие семейные группы белых медведей предпочитали ледовые местообитания. Три самки белого медведя, помеченные спутниковыми передатчиками осенью 2010 г. на архипелаге Земля Франца-Иосифа (о. Земля Александра), вышли на морской лед и направились к югу от архипелага. Для одной из них фактический участок обитания в течение шести месяцев охватывал только морскую акваторию (Платонов и др., 2014).

Анализ траектории, формы и размера участков обитания, посещаемости береговой линии и «кормовых пятен» пяти самок с медвежатами (преимущественно сеголетками), помеченных осенью 2011 г. на архипелаге Земля Франца-Иосифа (о. Земля Александра) ошейниками со спутниковыми передатчиками, выявил, насколько далеко друг от друга эти семейные группы держатся во время пребывания на острове (Рожнов и др., 2014). По полученным данным, три особи покинули остров, из них две после некоторого времени пребывания на морском льду вернулись к островам архипелага.

Наблюдение за помеченной ошейником со спутниковым передатчиком самкой с годовалым медвежонком в период сезонного таяния льда весной 2012 г. на припайном льду вблизи островов Пясинского залива Карского моря показало, что направление ее перемещения совпало с направлением таяния льда (Рожнов и др., 2017). Несмотря на возможность оставаться на морском льду, медведица в определенный момент вышла на сушу, по-видимому, чтобы иметь возможность отдыха, но при этом все же предпочитая ледовые местообитания. В результате она преодолела более 100 км вплавь, чтобы достичь района, в котором еще оставался лед.

Увеличение продолжительности периода открытой воды до 180–200 дней сокращает численность популяции (данные по заливу Гудзона, Molnár et al., 2010), а более 220 дней открытой воды имеют катастрофический негативный эффект на выживаемость популяции (Polar Bears International, 2018). Однако популяционные механизмы приспосабливаемости белого медведя к безледному периоду, в целом, требуют дальнейшего изучения.

В зимний период устойчивый ледовый покров со сплоченными формами льда, возможно, не является предпочитаемым местообитанием белого медведя из-за труднодоступности пространств открытой воды для его видов-жертв. С баренцевоморской части Новой Земли неустойчивость положения кромки в условии разреженных льдов ограничивает возможности охотничьего поведения белого медведя. Полыньи ветрового и конвекционного происхождения вблизи берегов могут быть наиболее привлекательным фактором для белого медведя. Вероятно, поэтому в период максимальной протяженности льда параметр близости к береговой линии становится значимым при оценке функции выбора ресурсов белого медведя (Durner et al., 2009).

Таким образом, спутниковое слежение за мечеными белыми медведями позволяет оценить адаптационные возможности этого вида в условиях изменения климата и возрастающей антропогенной нагрузки в Арктике для обеспечения функционирования арктической экосистемы. При наличии достаточного числа животных локальной популяции, можно лучше представлять сезонные миграционные коридоры, места концентраций и сезонность этих явлений.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17–04–02049 и программы Президиума РАН № I.2.55П «Арктика — научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития».

Полевые исследования в районе п. Амдерма и о. Вайгач проведены при финансовой поддержке Всемирного фонда дикой природы (WWF России). Участники экспедиции выражают благодарность администрации МО «Поселок Амдерма» Ненецкого автономного округа, экипажу вертолета Ми-8 (АО «2-й Архангельский объединенный авиаотряд»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванов Е.А., Мордвинцев И.Н., Платонов Н.Г., Найденко С.В., Тиунов А.В., Рожнов В.В. Изотопный состав крови белого медведя *Ursus maritimus* карско-баренцевоморской популяции // Доклады Академии наук. 2018. Т. 480. № 2. С. 247–249. doi: 10.7868/S0869565218140232

Платонов Н., Рожнов В., Алпацкий И., Мордвинцев И., Иванов Е., Найденко С. Оценка перемещений белого медведя с учетом дрейфа льда // Доклады Академии наук. 2014. Т. 456. № 3. С. 366–369. doi:10.7868/S0869565214150249

Рожнов В., Ершов Р., Иванов Е., Кирилов А., Котрехов И., Крюков Д., Мизин И., Молодцов И., Молодцова Т., Мордвинцев И., Найденко С., Перхуров Р., Платонов Н., Покровская И., Пухова М. Встречаемость белого медведя на мысе Желания (архипелаг Новая Земля) в летний период 2011–2014 гг. // Морские млекопитающие Голарктики 2014. Сборник научных трудов. 2015. Т. 2. С. 93–100.

Рожнов В.В., Платонов Н.Г., Мордвинцев И.Н., Найденко С.В., Иванов Е.А., Ершов Р.В. Перемещения радиомеченых самок белого медведя (*Ursus maritimus*) на острове Земля Александры (архипелаг Земля Франца-Иосифа) в безледный период осенью 2011 г. // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 11. С. 1354–1368. doi:10.7868/S0044513414080091

Рожнов В.В., Платонов Н.Г., Найденко С.В., Мордвинцев И.Н., Иванов Е.А. Перемещение самки белого медведя (*Ursus maritimus*) в Карском море в период летнего таяния льда // Доклады Академии наук. 2017. Т. 472. № 3. С. 359–363. doi: 10.7868/S0869565217030276

Успенский С.М. Белый медведь. М.: Агропромиздат, 1989. 190 с.

Amstrup S.C., Durner G., McDonald T., Mulcahy D., Garner G. Comparing movement patterns of satellite-tagged male and female polar bears // Canadian Journal of Zoology. 2001. V. 79. № 12. P. 2147–2158. doi:10.1139/cjz-79–12–2147

Barraquand F., Benhamou S. Animal movements in heterogeneous landscapes: identifying profitable places and homogeneous movement bouts // Ecology. Ecological Society of America. 2008. V. 89. № 12. P. 3336–3348. doi:10.1890/08–0162.1

Cleveland W.S., Devlin S.J. Locally Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting // Journal of the American Statistical Association. [American Statistical Association, Taylor & Francis, Ltd.]. 1988. V. 83. № 403. P. 596–610. http://www.jstor.org/stable/2289282

CLS. Argos User's Manual. Обновление 15.06.2016. Collecte Localisation Satellites. 2016. http://www.argos-system.org/manual/ (дата обращения 17.05.2019).

Copernicus. MET Norway Ice Chart Mapserver. Norwegian Meteorological Institute. 2018. http://wms.met.no/icechart/ (дата обращения 16.12.2018). Distributed by GIS WMS.

Durner G.M., Douglas D.C., Nielson R.M., Amstrup S.C., McDonald T.L., Stirling I., Mauritzen M., Born E.W., Wiig Ø., DeWeaver E., Serreze M.C., Belikov S.E., Holland M.M., Maslanik J., Aars J., Bailey D.A., Derocher A.E. Predicting 21st-century polar bear habitat distribution from global climate models // Ecological Monographs. Ecological Society of America. 2009. V. 79. № 1. P. 25–58. doi:10.1890/07–2089.1

DTU Space. Sea Ice Denmark. Technical University of Denmark | Division of Microwaves and Remote Sensing. 2017. http://www.seaice.dk/ (дата обращения 30.09.2017).

European Union, European Space Agency. Copernicus Sentinel data. Copernicus Open Access Hub. 2018. https://scihub.copernicus.eu (дата обращения 30.12.2018).

Lavielle M. Detection of multiple changes in a sequence of dependent variables // Stochastic Processes and their Applications. 1999. V. 83. № 1. P. 79–102. doi:10.1016/S0304–4149(99)00023-X

Lavielle M. Using penalized contrasts for the change-point problem: Report number 5339.— Institut national de recherche en informatique et en automatique. 2005.

Molnár P.K., Derocher A.E., Thiemann G.W., Lewis M.A. Predicting survival, reproduction and abundance of polar bears under climate change // Biological Conservation. 2010. V. 143. № 7. P. 1612–1622. doi:10.1016/j.biocon.2010.04.004

NASA EOSDIS. NASA Worldview application. 2018. https://worldview.earthdata.nasa.gov (дата обращения 30.12.2018).

Polar Bears International. Polar Bear Adaptations. 2018. https://polarbearsinternational.org/polar-bears/adaptation/ (дата обращения 02.02.2018).

Seaman D.E., Powell R.A. An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis // Ecology. Ecological Society of America. 1996. V. 77. № 7. P. 2075–2085. doi:10.2307/2265701

Spreen G., Kaleschke L., Heygster G. Sea ice remote sensing using AMSR-E89-GHz channels // Journal of Geophysical Research: Oceans. 2008. V. 113. № C2. doi:10.1029/2005JC003384. C02S03

Stirling I. Polar Bears: The natural history of a threatened species. Markham, Ontario: Fitzhenry & Whiteside, 2011. 300 p.

Topf J., Hormann C. Land polygons Data. OpenStreetMapData. 2018. http://openstreetmapdata.com/data/land-polygons (дата обращения 17.10.2018). Large simplified polygons not split. Обновление от 25.09.2018 г.

US NIC. Arctic Marginal Ice Zone. USNIC Daily Ice Edge product. U.S. National Ice Center. 2018. https://www.natice.noaa.gov/daily_graphics.htm (дата обращения 30.12.2018).

Worton B.J. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies // Ecology. Ecological Society of America. 1989. V. 70. № 1. P. 164–168. doi:10.2307/1938423

Zeileis A., Kleiber C., Kramer W., Hornik K. Testing and dating of structural changes in practice // Computational Statistics & Data Analysis. 2003. V. 44. № 1. P. 109–123. doi:10.1016/S0167–9473(03)00030–6

Use by Polar Bear (*Ursus maritimus*) of the Habitat along Coastline throughout the Year According to Satellite Monitoring Data

N. G. Platonov[1], I. A. Mizin[2], E. A. Ivanov[1], I. N. Mordvintsev[1], S. V. Naydenko[1], V. V. Rozhnov[1]

[1] *A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, Moscow*
[2] *National Park «Russian Arctic», Arkhangelsk*

A polar bear female (*Ursus maritimus*) was captured and marked by satellite collar of the Argos system on Vaygach Island. Data of location relative to the coastline in the Kara Gate from April 2016 to September 2017 was analyzed. An analysis of the polar bear trajectory revealed periods of its greater (when on ice) and less (on land) mobility and directed of movement. The largest area of the polar bear habitat on an average monthly scale was in May 2016, when moving on small-hit ice, the smallest – in January 2017, when on land with no ice. We estimated the distance to the coast to analysis for resource use (27% of the time on the coast, 33% on land, 40% in the water area). Comparison with our previous studies has shown, there is a commitment to land, even during the season of sea ice presence.

Keywords: polar bear, satellite telemetry, Argos, movement patterns, home range, shoreline, Kara Sea

REFERENCES

Amstrup S.C., Durner G., McDonald T., Mulcahy D., Garner G. Comparing movement patterns of satellite-tagged male and female polar bears // Canadian Journal of Zoology. 2001. V. 79. № 12. P. 2147–2158. doi:10.1139/cjz-79–12–2147.

Barraquand F., Benhamou S. Animal movements in heterogeneous landscapes: identifying profitable places and homogeneous movement bouts // Ecology. Ecological Society of America. 2008. V. 89. № 12. P. 3336–3348. doi:10.1890/08–0162.1

Cleveland W.S., Devlin S.J. Locally Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting // Journal of the American Statistical Association. [American Statistical Association, Taylor & Francis, Ltd.]. 1988. V. 83. № 403. P. 596–610. http://www.jstor.org/stable/2289282.

CLS. Argos User's Manual. Обновление 15.06.2016. Collecte Localisation Satellites. 2016. http://www.argos-system.org/manual/ (дата обращения 17.05.2019).

Copernicus. MET Norway Ice Chart Mapserver. Norwegian Meteorological Institute. 2018. http://wms.met.no/icechart/ (дата обращения 16.12.2018). Distributed by GIS WMS.

Durner G.M., Douglas D.C., Nielson R.M., Amstrup S.C., McDonald T.L., Stirling I., Mauritzen M., Born E.W., Wiig Ø., DeWeaver E., Serreze M.C., Belikov S.E., Holland M.M., Maslanik J., Aars J., Bailey D.A., Derocher A.E. Predicting 21st-century polar bear habitat distribution from global climate models // Ecological Monographs. Ecological Society of America. 2009. V. 79. № 1. P. 25–58. doi:10.1890/07–2089.1.

DTU Space. Sea Ice Denmark. Technical University of Denmark | Division of Microwaves and Remote Sensing. 2017. http://www.seaice.dk/ (дата обращения 30.09.2017).

European Union, European Space Agency. Copernicus Sentinel data. Copernicus Open Access Hub. 2018. https://scihub.copernicus.eu (дата обращения 30.12.2018).

Ivanov E.A., Mordvintsev I.N., Platonov N.G., Naidenko S.V., Tiunov A.V., Rozhnov V.V. Izotopnyi sostav krovi belogo medvedya *Ursus maritimus* karsko-barentsevomorskoi populyatsii [Isotopic composition of the blood of the polar bear *Ursus maritimus* of the Kara-Barents Sea population] // Doklady Akademii nauk. 2018. V. 480. № 2. P. 247–249. doi: 10.7868/S0869565218140232

Lavielle M. Detection of multiple changes in a sequence of dependent variables // Stochastic Processes and their Applications. 1999. V. 83. № 1. P. 79–102. doi:10.1016/S0304–4149(99)00023-X.

Lavielle M. Using penalized contrasts for the change-point problem: Report number 5339.— Institut national de recherche en informatique et en automatique. 2005.

Molnár P.K., Derocher A.E., Thiemann G.W., Lewis M.A. Predicting survival, reproduction and abundance of polar bears under climate change // Biological Conservation. 2010. V. 143. № 7. P. 1612–1622. doi:10.1016/j.biocon.2010.04.004

NASA EOSDIS. NASA Worldview application. 2018. https://worldview.earthdata.nasa.gov (дата обращения 30.12.2018).

Platonov N., Rozhnov V., Alpatskii I., Mordvintsev I., Ivanov E., Naidenko S. Otsenka peremeshchenii belogo medvedya s uchetom dreifa l'da [Evaluation of polar bear movements with regard to ice drift] // Doklady Akademii nauk. 2014. V. 456. № 3. S. 366–369. doi:10.7868/S0869565214150249

Polar Bears International. Polar Bear Adaptations. 2018. https://polarbearsinternational.org/polar-bears/adaptation/ (дата обращения 02.02.2018).

Rozhnov V., Ershov R., Ivanov E., Kirilov A., Kotrekhov I., Kryukov D., Mizin I., Molodtsov I., Molodtsova T., Mordvintsev I., Naidenko S., Perkhurov R., Platonov N., Pokrovskaya I., Pukhova M. Vstrechaemost' belogo medvedya na myse Zhelaniya (arkhipelag Novaya Zemlya) v letnii period 2011–2014 gg. [The occurrence of a polar bear at Cape Zhelaniya (Novaya Zemlya archipelago) in the summer period of 2011–2014] // Morskie mlekopitayushchie Golarktiki 2014. Sbornik nauchnykh trudov. 2015. V. 2. P. 93–100.

Rozhnov V.V., Platonov N.G., Mordvintsev I.N., Naidenko S.V., Ivanov E.A., Ershov R.V. Peremeshcheniya radiomechenykh samok belogo medvedya (*Ursus maritimus*) na ostrove Zemlya

Aleksandry (arkhipelag Zemlya Frantsa-Iosifa) v bezlednyi period osen'yu 2011 g. [Transfers of radiolabeled polar bear females (Ursus maritimus) on Alexandra Land (Archipelago Franz Josef Land) in the ice-free period in autumn 2011] // Zoologicheskii zhurnal. 2014. V. 93. № 11. P. 1354–1368. doi:10.7868/S0044513414080091

Rozhnov V.V., Platonov N.G., Naidenko S.V., Mordvintsev I.N., Ivanov E.A. Peremeshchenie samki belogo medvedya (*Ursus maritimus*) v Karskom more v period letnego tayaniya l'da [Movement of the female polar bear (*Ursus maritimus*) in the Kara Sea during the period of summer ice melting] // Doklady Akademii nauk. 2017. V. 472. № 3. P. 359–363. doi: 10.7868/S0869565217030276

Seaman D.E., Powell R.A. An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis // Ecology. Ecological Society of America. 1996. V. 77. № 7. P. 2075–2085. doi:10.2307/2265701

Spreen G., Kaleschke L., Heygster G. Sea ice remote sensing using AMSR-E89-GHz channels // Journal of Geophysical Research: Oceans. 2008. V. 113. № C2. doi:10.1029/2005JC003384. C02S03

Stirling I. Polar Bears: The natural history of a threatened species. Markham, Ontario: Fitzhenry & Whiteside, 2011. 300 p.

Topf J., Hormann C. Land polygons Data. OpenStreetMapData. 2018. http://openstreetmapdata.com/data/land-polygons (дата обращения 17.10.2018). Large simplified polygons not split. Обновление от 25.09.2018 г.

US NIC. Arctic Marginal Ice Zone. USNIC Daily Ice Edge product. U.S. National Ice Center. 2018. https://www.natice.noaa.gov/daily_graphics.htm (дата обращения 30.12.2018).

Uspenskii S.M. Belyi medved'. [Polar bear]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 190 p.

Worton B.J. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies // Ecology. Ecological Society of America. 1989. V. 70. № 1. P. 164–168. doi:10.2307/1938423

Zeileis A., Kleiber C., Kramer W., Hornik K. Testing and dating of structural changes in practice // Computational Statistics & Data Analysis. 2003. V. 44. № 1. P. 109–123. doi:10.1016/S0167–9473(03)00030–6