

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МЕСТООБИТАНИЙ БУРОГО МЕДВЕДЯ ДЛЯ КРОНОЦКОГО ЗАПОВЕДНИКА НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ

А.В. Егоров<sup>1</sup>, Дж. Пачковский<sup>2</sup>, В.И. Мосолов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Центр охраны дикой природы, Международный Социально-Экологический Союз, площадь Журавлёва, д. 1, стр. 1, офис 42, Москва, 107023, Email: egorov@psn.ru;

<sup>2</sup>Wildlife Conservation Society (Общество сохранения диких животных), 2300 Southern Boulevard, Bronx, NY 10460 USA, E-mail: thebearsare@hotmail.com;

<sup>3</sup>Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник, Рябикова ул., д. 48, Елизово, Камчатская обл., 684010, E-mail: zapoved@mail.kamchatka.ru

## DEVELOPING AN EXPERT BASED HABITAT SUITABILITY MODEL FOR BROWN BEAR IN THE KRONOTSKY BIOSPHERE PRESERVE

A.V. Egorov, J. Paczkowski, V.I. Mosolov

Исследования местообитаний диких животных необходимы для принятия оптимальных решений в области охраны природы. Данных об использовании бурым медведем (*Ursus arctos*) различных местообитаний на Камчатке недостаточно. Для Кроноцкого государственного биосферного заповедника была разработана ГИС-модель привлекательности местообитаний бурого медведя, основанная на экспертных оценках. Данная работа является экспериментом по использованию методов моделирования для оценки привлекательности для медведя различных местообитаний. Была проведена оценка местообитаний для трёх временных промежутков: раннелетнего, летне-осеннего и зимнего периодов, а также для двух социальных групп животных: взрослых одиночных особей и медведиц с медвежатами. В настоящей модели были учтены такие признаки окружающей среды, как обилие кормов, укрываемость, обзорность, экспозиция и крутизна склона, высота над уровнем моря и др. Предложены меры по усовершенствованию модели. Данный эксперимент предполагает возможность экстраполяции на территорию всей Камчатки.

**Abstract:** There are very sparse data available on the habitat use of Kamchatka brown bears (*Ursus arctos*). We developed a brown bear habitat model for the Kronotsky State Biosphere Preserve (KSBP) in Kamchatka Russia, incorporating expert based opinion into a GIS habitat model. This model was developed as an exercise to explore methods of developing a habitat model that could be extrapolated to all of Kamchatka. We modelled habitat for the summer fall and winter (denning) periods as well as for adult bears and females with cubs. Data layers in the model included proximity to salmon rivers, food sources, slope aspect and denning suitability. We acknowledge that this approach will require modification to better model actual condition in Kamchatka. Expert opinion on habitat suitability varied widely and was often contradictory between experts. The habitat model for the KSBP will be used to determine which habitat values are representative of habitat values for all of Kamchatka. This projects highlights the need for better scientific data from collared bears and better GIS data to validate and the habitat models. We propose the development of a user interface to facilitate the input and modification of better habitat data as it becomes available.

## ВВЕДЕНИЕ

Количественные модели местообитаний и прогнозные карты распространения животных и растений в настоящее время становятся важным инструментом в организации охраны и управления дикой природой (United..., 1981; Guisan, Zimmerman, 2000; Johnson, Gillingham, 2004). Эффективность менеджмента и охраны естественных популяций в большой степени зависит от возможности понимать и предсказывать взаимоотношения в системе «дикие животные – местообитание» (Noon, 1986; van Manen, Pelton, 1993). Для лучшего понимания этих взаимоотношений, а также моделирования структуры и динамики популяций диких животных и проводятся исследования предпочтительности местообитаний (United..., 1981; Clarke et al., 1993; Alldredge et al., 1998).

Уайт и Гарротт (White, Garrott, 1990) сформулировали четыре основных вопроса, касающихся отношений диких животных к их местообитаниям: 1) Какова пригодность местообитаний для популяции, то есть насколько местообитания каждого типа привлекательны? 2) Какова степень использования популяцией каждого типа местообитаний? 3) В чем преимущества отдельных типов местообитаний перед другими? 4) Какие из местообитаний критичны для выживания популяции? Эти вопросы были и остаются главными целями во многих исследованиях диких животных и их местообитаний (White, Garrott, 1990).

В области охраны природы для принятия решений часто используется экспертная оценка специалистов (Johnson, Gillingham, 2004). В тех случаях, когда изучение какого-либо вида трудноосуществимо или дорогостояще, экспертные знания часто служат основой для создания моделей пригодности местообитаний и результирующих карт. Несмотря на долгую историю и широкое распространение моделей, основанных на экспертных оценках, в прогнозах часто недооценивается фактор неопределенности (Johnson, Gillingham, 2004). Экспертные модели часто переоценивают значимость определенных типов местообитаний (Clevenger et al., 2002), в то время как модели местообитаний, основанные на опытных литературных данных (Store, Jokimaki, 2003) оказываются более точными. Дж.Л. Пирс с соавторами (Pearce et al., 2001) предлагают использовать экспертное мнение на первых этапах создания модели местообитаний для того, чтобы выяснить, какие признаки окружающей среды являются важными.

Данные по использованию медведем местообитаний на Камчатке ограничены, большая часть из них основывается на экспертных оценках (Ревенко, 1993; Честин и др., 2006). Составлена детальная геоботаническая карта Камчатки (Нешатаев, 1994), но она непосредственно не связана с использованием медведем местообитаний. Предпринятые ранее оценки качества местообитаний бурого медведя (Остроумов, 1968; Гордиенко и др., 2006; Честин и др., 2006) носят общий характер.

Используемые в настоящее время способы оценки численности (метод линейных трансект, отлов - повторный отлов, метод пробных площадок, мечение - повторная регистрация и т.д.) представляют собой методы прямого учёта. То есть, для того, чтобы оценить численность медведя, необходимо, как минимум, визуально зафиксировать объект исследования на части территории, а затем экстраполировать полученную численность на всю изучаемую площадь. Недавние работы по созданию карты плотности популяции бурого медведя на Камчатке (Гордиенко и др., 2006) основываются на экстраполяции данных авиаучёта без учёта значимости местообитаний. Тем не менее, в разные сезоны в разных растительных сообществах, формирующихся в неодинаковых условиях, а именно в зависимости от высоты над уровнем моря, экспозиции и крутизны склона, удалённости от нерестовых рек и океанического побережья, особенностей рельефа и многих других условий, наблюдается разная плотность особей (неопубликованные данные В.И. Мосолова).

Цель настоящей работы заключалась в разработке картографически визуализированной модели привлекательности различных местообитаний бурого медведя в Кроноцком государственном биосферном заповеднике (КГБЗ), основанной на экспертных оценках и доступных данных об окружающей среде. Разработанную модель можно использовать для более точной экстраполяции данных прямого учёта численности (Noon, 1986) медведя на всю территорию заповедника и в конечном итоге на всю территорию Камчатки. Предполагается, что

наиболее привлекательные местообитания будут наиболее посещаемыми и, следовательно, в них будет наблюдаться наибольшая плотность (вероятность присутствия) медведя. Значит, общая численность бурого медведя на всей исследуемой площади будет зависеть от того, каково соотношение привлекательных и малопривлекательных местообитаний за пределами обследованной территории. Предлагаемая модель также может быть использована для исследований в области охраны природы, уменьшения антропогенного воздействия, смягчения конфликта в отношениях “человек-медведь” и планирования охраняемых территорий.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи.

1. Выявить основные признаки, влияющие на привлекательность различных местообитаний бурого медведя в разные сезоны.
2. Оценить степень значимости (вес) каждого признака для создания наиболее комфортных условий для бурого медведя по сезонам.
3. Выяснить, на основе каких доступных данных об окружающей среде (карты, данные дистанционного зондирования (ДДЗ), мнение специалистов, данные учётов и т.п.) можно составить карты важнейших признаков.
4. Собрать доступные необходимые картографические материалы и ДДЗ.
5. Произвести полевое обследование территории для сбора необходимых данных.
6. Провести опрос специалистов для получения экспертных оценок тех признаков, которые невозможно получить с помощью полевого обследования территории (трудноформализуемые, неопубликованные данные и т.п.).
7. Составить карты основных признаков, влияющих на привлекательность различных типов местообитаний бурого медведя в разные сезоны.
8. Рассчитать значения итоговой привлекательности различных местообитаний бурого медведя на основе карт признаков и их значимости.

Данный проект является первым шагом в разработке детальной модели местообитаний бурого медведя на территории КГБЗ, учитывающей степень их привлекательности.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились на территории Кроноцкого заповедника, расположенного на восточном побережье Камчатки. Почти вся территория заповедника гориста. На равнинные участки, расположенные большей частью в полосе морского побережья южнее Кроноцкого полуострова, приходится не более 10 % площади заповедника. Это морские террасы, водноледниковые и аллювиальные равнины. Такие участки, как правило, заболочены. Урочища, отличающиеся выровненным или мягкоувалистым рельефом, встречаются и на значительных абсолютных высотах; это лавовые поля - вулканические доли (Тамченский дол, Синий дол и др.) и кальдеры вулканов (Узон, Крашенинникова, Унана, Тауншиц). Остальная территория занята склонами различной крутизны, иногда очень крутыми. Преобладает в заповеднике среднегорный рельеф, выше поднимаются лишь отдельные хребты и вершины (Васильев и др., 1985). Здесь, в умеренной зоне северного полушария на 54-м градусе северной широты наблюдается стык тундровых, лесных и луговых приокеанических биомов и типов растительного покрова, которые закономерно сменяют друг друга в этой горной стране, образуя особый тип поясности с широким развитием парковых каменноберёзовых лесов, ольховых и кедровых стлаников, горных и приморских тундр, обширных болотных массивов в устьях крупных рек, гольцов и приледниковых форм растительного покрова на вершинах горных хребтов (Васильев и др., 1985; Нешатаев, 1994).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В настоящей работе были использованы следующие исходные данные.

1. Космические снимки Landsat 7 (камера ETM+).
2. Растровые топографические карты масштабом 1 : 100 000.
3. Векторные топографические карты масштабом 1 : 200 000.
4. Тематические карты (лесоустротельные материалы, зоогеографическая карта и т.д.).
5. Данные авиаучётов нерестящегося лосося, проводимые КамчатНИРО.
6. Экспертные данные, основанные на личном опыте и наблюдениях специалистов.

Для создания карты растительного покрова КГБЗ были использованы спутниковые снимки Landsat 7 (камера ETM+). Предварительная обработка изображений (трансформация, топографическая нормализация) производилась в Erdas Imagine фирмы Leica Geosystems. Для интерпретации была использована программа NeRIS (Neural Raster Interpretation System) ИТЦ СканЭкс. Калибровка программы-интерперетатора производилась на основании данных полевого обследования территории, тематических и топографических карт и устных сообщений местных специалистов.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) и её производные были построены на основе векторной топографической основы масштаба 1 : 200 000 в среде ARC/INFO GRID.

На основании опроса специалистов, хорошо знающих территорию и объект исследования, был составлен список признаков, важных для медведя и влияющих на привлекательность того или иного местообитания. Значимость (вес) каждого признака также была определена на основе экспертного мнения.

Вся территория заповедника была разделена на элементарные ячейки размером 30 x 30 метров. Для каждой ячейки на основе доступных данных об окружающей среде и экспертного мнения было рассчитано значение привлекательности по каждому признаку в отдельности (независимо от значения привлекательности по другим признакам). Значения ячеек соответствовали уровню комфортности для пребывания медведя, т.е. чем больше значение ячейки, тем комфортнее условия по каждому из признаков. Затем на основе этих слоёв и уровня значимости каждого из них (веса признака) был рассчитан итоговый растровый слой, отражающий суммарную привлекательность с учётом всех признаков.

Разработанная модель представляет собой программный код, реализованный на языке apl (ARC Macro Language) для среды ARC/INFO версии 7.1.2 и выше. Для расчётов отдельных признаков в качестве входных пространственных данных в настоящей модели используются следующие карты: карта растительного покрова, цифровая модель рельефа, карта уклонов, карта экспозиций, карта нерестилищ, слои векторной топографической основы 1 : 200 000. В качестве управляющего элемента в модели используется набор таблиц переменных окружающей среды, составленных на основе экспертных данных или результатов полевых исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исполнения программного кода на основе входных данных был создан набор карт для разных сезонов и для разных социальных групп бурого медведя. Итоговые карты представляют собой растровые слои в формате ARC/INFO GRID с ценой пикселя 30 метров, значения ячеек в которых варьируют от 0 до 255 (от  $2^0$  до  $2^8$ ). Ячейки с низкими значениями (около 0) представляют собой малопривлекательные местообитания, например, вершины гор, ледники, снежники, безжизненные скалы, лавовые покровы и т.п., вероятность присутствия медведя в которых стремится к нулю. Ячейки с высокими значениями (около 255) - это местообитания, в которых условия наиболее благоприятны по всем признакам и, соответственно, вероятность встречи медведя в которых наибольшая. Ячейки с промежуточными значениями (около 128) представляют собой местообитания со средней степенью привлекательности.

В настоящей работе были получены 5 независимых карт привлекательности местообитаний бурого медведя в КГБЗ, применительно к разным периодам времени и разным социальным группам животных (рис. 1-5). Наиболее предпочтительными местообитаниями взрослых одиночных особей медведя в раннелетний период оказались колосняковые приморские луга и подгольцовые стланики (рис. 1), характеризующиеся наибольшими запасами кормов в этот период. Для медведиц с медвежатами преимущество в раннелетний период имеют местообитания с высокими защитными свойствами – кедровый и ольховый стланики, березняки (рис. 2). Нерестящийся лосось для взрослых одиночных особей бурого медведя в летне-осенний период является абсолютно доминирующим параметром, полностью низводящим все остальные параметры почти до нуля (рис. 3).

Полученные карты дают предварительное представление о распределении медведя в разные сезоны. Эти результаты являются только первым шагом в разработке более детальной модели. Предложенная модель во многом основывается на субъективном мнении специалистов, хорошо знающих территорию и объект исследования и, таким образом, представляет собой способ визуализации экспертных данных. Многие признаки в основе своей имеют балльную оценку, данную субъективно. Это означает, что любой эксперт, имеющий свою точку зрения на признаки и их вес, может оспорить имеющийся результат. Тем не менее, исследования, основанные на результатах статистических проверок, показали, что модель, основанная на экспертном мнении, очень близка к эмпирической модели, построенной на опытных данных (Clevenger et al., 2002).

### **Элементарная ячейка**

Выбор формы элементарной ячейки (квадрат 30 x 30 метров) был обусловлен удобством в манипуляции такими массивами данных. Форму квадрата имеет пиксель в растровых изображениях, поэтому в таком случае появляется возможность производить все вычисления в среде ARC/INFO GRID, имеющей богатые возможности по анализу пространственно распределённых данных.

Размер ячейки должен быть довольно мал, чтобы условия по каждому из анализируемых признаков можно было считать однородными, и, в то же время, достаточно велик, чтобы избежать очень больших объёмов информации и сложных расчётов. Кроме того, ограничения на размер ячейки накладывают доступные исходные ДДЗ. Карта растительности, созданная на основе снимков Landsat 7, имеет разрешение 30 метров на пиксель. Разрешающая способность исходных ДДЗ имела определяющее значение в выборе размера элементарной ячейки.

### **Карта растительного покрова**

Растительное сообщество в большинстве случаев определяет многие важные признаки - обилие кормов, защитные свойства местообитания, обзорность. Следовательно, с помощью карты растительности, можно рассчитать большую часть признаков, важных для медведя. Карта растительного покрова, ЦМР, другие данные об окружающей среде и экспертные данные были использованы для создания карт отдельных признаков.

Карта растительного покрова КГБЗ (рис. 6) содержит следующие классы легенды: 1) сообщества кедрового стланика; 2) лиственничные редколесья; 3) лиственничные леса; 4) пихтарники; 5) еловые леса; 6) березняки (каменные и белые); 7) прирусловые сообщества (ивняки, чозенники, тополевики, ольховники); 8) сообщества ольхового стланика; 9) разнотравные луга; 10) тундры (приморские и горные); 11) гольцы; 12) открытая водная поверхность; 13) болота; 14) кустарниковые ивняки; 15) объекты антропогенной инфраструктуры; 16) гари; 17) вырубки; 18) приморские колосняковые луга; 19) суходольные луга; 20) снег и ледники.

Классы 14, 15, 17 были зарезервированы для сообществ, встречающихся на Камчатке, но отсутствующих на территории КГБЗ. Карта растительного покрова, ЦМР, другие данные об окружающей среде и экспертные данные были использованы для создания карт отдельных признаков.

## **Временные периоды**

Распределение бурого медведя на территории исследования различается по сезонам года. В зимний период, когда животные находятся в спячке, наибольшая численность их наблюдается в низкогорьях и среднегорьях, где находятся берложные станции. Весной, после пробуждения, они двигаются по направлению к океану, побережью Кроноцкого озера, в места выхода на поверхность термальных вод; большей привлекательностью также обладают южные, хорошо прогреваемые склоны на небольших высотах, где раньше всего сходит снежный покров. В первой половине лета, после таяния основной массы снега, распределение медведя более равномерно по всей площади заповедника, так как условия повсеместно становятся примерно одинаковыми. Во второй половине лета и начале осени наибольшая концентрация особей наблюдается вдоль русел нерестовых рек. Графически фенология бурого медведя в КГБЗ представлена на рис. 7.

Для анализа в работе были выбраны три временных периода (рис. 7). В пределах каждого периода распределение особей по территории исследования было примерно одинаково.

*Раннелетний период.* Примерно последняя декада июня - вторая декада июля. Снег растаял на большей части исследуемой территории. Рацион состоит из растительной пищи, выбросов моря и замещающих животных кормов.

*Летне-осенний период.* Примерно первая декада августа - конец сентября. Большинство особей сосредоточено у нерестовых рек. Рацион состоит в основном из рыбы. Дополнение к рыбе составляют ягоды, а к концу периода – кедровые орехи.

*Зимний период.* Примерно конец ноября - конец марта. Большинство особей впадают в спячку. Наибольшая концентрация медведя наблюдается в берложных станциях.

В пределах каждого периода условия окружающей среды и, следовательно, распределение особей по территории исследования примерно одинаковы (мало изменяются в течение каждого периода). Между выбранными периодами происходят массовые перемещения зверей в соответствии с изменяющимися условиями – таяние снега, смена питания, перемещения к берложным станциям. Делать какие-либо предположения о предпочтительности тех или иных местообитаний в периоды перемещений затруднительно.

Необоснованно давать усреднённую (среднегодовую) оценку привлекательности станций, поскольку места концентраций особей в разные сезоны года сильно различаются. Также неоправданным является усреднение для разных социальных групп медведя.

## **Структура популяции**

Собственно сама популяция бурого медведя также неоднородна. Можно выделить несколько социальных групп особей:  $\alpha$ -доминанты, взрослые одиночные особи (кроме  $\alpha$ -доминантов) и самки с медвежатами. В процентном соотношении они распределены примерно следующим образом:  $\alpha$ -доминанты – 10 %, взрослые одиночные особи – 60 %, самки с медвежатами – 30 %. Для каждой из групп в раннелетний и летне-осенний периоды некоторые признаки местообитаний имеют разную значимость. Так, например, для самых крупных взрослых самцов признак обзорность не имеет значения:  $\alpha$ -доминант, чувствуя себя полным хозяином положения, выбирает своё местонахождение, ориентируясь исключительно только на степень своего комфорта. В то время как для других взрослых одиночных особей и самок с медвежатами этот признак оказывается важным.

В связи с изложенным выше представляется разумным использовать несколько независимых моделей для каждого выбранного периода времени и для каждой социальной группы. Субпопуляция  $\alpha$ -доминантов в данной работе не учитывалась из-за её малочисленности.

## **Переменные окружающей среды**

Привлекательность местообитаний в общем виде можно выразить формулой:

$$\text{ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ} = \text{признак } 1 \times \text{вес } 1 + \text{признак } 2 \times \text{вес } 2 + \dots + \text{признак } N \times \text{вес } N$$

Признаки местообитаний – это обобщённые понятия, зависящие от условий окружающей среды (здесь и далее - параметров) и важные для медведя. Признаки, как правило, нельзя напрямую измерить в природе, поскольку они представляют собой функцию зависимости от одного или большего числа параметров. Так, например, признак «обзорность» зависит одновременно от особенностей рельефа и от растительного сообщества в данной элементарной ячейке. Наибольшее значение обзорность имеет на открытых выположенных пространствах или на краю обрыва без деревьев и стлаников. Наименьшее – в понижениях, вплотную окружённых возвышениями и в сообществах с деревьями и стланиками. Для подавляющего большинства особей в популяции (за исключением альфа-доминантов) более комфортные условия для пребывания бывают в ячейках с лучшей обзорностью. Для данного примера формулу, по которой рассчитывалось значение этого признака, можно выразить так:

$$\text{ОБЗОРНОСТЬ} = F(\text{растительное сообщество, особенности рельефа})$$

Или, в общем случае:

$$\text{ПРИЗНАК} = F(\text{параметр 1, параметр 2, ..., параметр N})$$

Параметры - это условия окружающей среды, которые можно измерить в природе. Численное значение параметров в одних случаях оценивалось прямым измерением в природе или на основе картографического материала. Например, численность лососёвых, идущих на нерест и средний вес рыбы определялись на основании данных учётов КамчатНИРО; расстояние до водоёма или до станции с высокими защитными свойствами - по топографическим картам или карте растительности. Высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов определялись с помощью ЦМР и её производных. В других случаях, когда измерение численного значения параметра было невозможно или представляло значительную сложность, оценка производилась на основе доступных данных об окружающей среде - индикаторов (растительное сообщество) и экспертных данных (балльные оценки обилия кормов, защитные свойства в разных растительных сообществах).

На основании опроса специалистов, хорошо знающих территорию и биологию бурого медведя, были составлены списки признаков и определён их вес для каждого из исследуемых периодов. Балльные оценки признаков (табл. 1) и их вес представляют собой субъективное мнение специалистов и никак не подтверждены измерениями в природе.

Таблица 1. Признаки, важные для медведя в разные периоды и их веса, определённые на основе экспертных данных специалистов

Признаки	Вес признаков (1-5)* в периоды:		
	Раннелетний	Летне-осенний	Зимний
Обилие кормов	5	4	0
Защитные свойства местообитания **	3	2	0
Близость к водоёмам, снежникам и т.п.	1	0	0
Обзорность	1	1	0
Тип грунта	0	0	5
Пригодность по экспозиции	0	0	4
Пригодность по крутизне склона	0	0	3
Пригодность по высоте н.у.м.	0	0	3

Примечание: \* - 5 баллов означает, что этот признак имеет определяющее значение в выборе медведем местообитания, а 0 баллов, что этот признак никак не влияет на выбор местообитания; \*\* - данный признак важен только для медведиц с медвежатами, для остальной части популяции вес этого признака равен 0.

Для составления карт вышеперечисленных признаков были использованы общедоступные данные об окружающей среде и экспертное мнение специалистов (табл. 2).

Таблица 2. Признаки, важные для медведя и измеряемые в природе параметры окружающей среды

<b>Признаки</b>	<b>Параметры</b>	<b>Исходные данные</b>
Обилие кормов	Балльные оценки обилия растительных кормов, обилия замещающих животных кормов, выбросов океана и Кроноцкого озера; биомасса лососёвых	Данные КамчатНИРО авиаучёта лососёвых, карта растительного покрова, экспертное мнение специалистов
Защитные свойства местообитания	Балльная оценка сомкнутости растительного покрова, евклидово расстояние до местообитания с высокими защитными свойствами	Карта растительного покрова, экспертное мнение специалистов
Близость к водоёмам снежникам и т.п.	Евклидово расстояние от водоёмов, снежников и т.п.	Топографические карты
Обзорность	Высота растительного покрова, высота над уровнем моря, особенности рельефа	Карта растительного покрова, топографические карты
Тип грунта	Растительное сообщество	Карта растительного покрова, экспертное мнение специалистов
Пригодность по экспозиции	Экспозиция склона	Топографические карты
Пригодность по крутизне склона	Крутизна склона	Топографические карты
Пригодность по высоте н.у.м.	Высота н.у.м.	Топографические карты

Настоящая модель имеет пространственные ограничения. В ней используются признаки, актуальные на территории КГБЗ и не учитываются особенности, имеющиеся за пределами особо охраняемой территории, например, фактор беспокойства, браконьерство, и т.п. Обычно в подобных моделях с присутствием человека связывают уменьшение значимости местообитания (Clevenger et al., 2002; Mario et al., 2003). Таким образом, при распространении модели на территорию всей Камчатки необходимо учитывать присутствие человека.

Модель основывается на общедоступных данных, поэтому имеет ограничения в пространственной точности. Размер элементарной ячейки (30 x 30 метров) достаточен для оценки наиболее общих закономерностей, таких, как, например, высота над уровнем моря, удалённость от нерестовых рек. Но для описания некоторых мелких деталей ячейки такого размера оказываются слишком крупными. Для того, чтобы уловить некоторые особенности рельефа или мелкую мозаичность растительного покрова, необходимо использовать ячейку меньшего размера.

В оценке привлекательности стадий в качестве пригодности для обустройства берлог используется признак «крутизна склона», который рассчитывается из ЦМР, построенной на основе изолиний векторной топографической основы 1 : 200 000. В большинстве своём изолинии недостаточно точны и слишком генерализованы для отражения особенностей, значимых для медведя, находящегося в поисках места, пригодного для обустройства берлоги. Для увеличения пространственной точности нужно использовать ДДЗ более высокого разрешения (снимки Terra/Aster) и картографические материалы более крупного масштаба (1 : 100 000 и крупнее).

Важным этапом в развитии модели должна стать верификация полученных результатов. Верификация может производиться субъективными и объективными методами. В первом случае специалисты визуально оценивают итоговую карту, основываясь на своих знаниях и наблюдениях. Во втором случае целесообразно использовать данные слежения за медведями, оснащёнными GPS-ошейниками. Участки, получившие большее значение привлекательности на итоговых картах, должны быть более посещаемыми. Маршруты перемещения особей медведя, полученные с помощью GPS-ошейников можно также использовать для калибровки модели; с помощью методов множественной регрессии можно объективно рассчитать значимость различных признаков, основываясь на частоте посещения и длительности пребывания медведя в тех или иных местообитаниях. Предполагается, что наиболее часто посещаемые территории должны иметь наибольшую привлекательность.



Существующая модель оставляет достаточную степень свобод. Вместо имеющихся оценок (баллов) можно подставлять другие значения на основе личного опыта. Таким же образом остаётся возможность моделировать различные условия: урожай или неурожай ягод и кедровых орехов, небольшое или достаточное количество лососёвых рыб в нерестовых реках, тёплый или холодный тип года или сезона и т. п. Первоочередной задачей в усовершенствовании настоящей модели представляется замена существующей субъективной системы балльных оценок объективными значениями, выраженными в шкале отношений (Джонгман и др., 1999) и получаемыми в результате полевых исследований или с использованием данных учёта, слежения, ДДЗ и т. д. Так, например, балльные субъективные оценки признака «защитные свойства местообитания» следует заменить на значения «дальности обзора», основанные на измерениях в естественных условиях. Это может быть, например, максимальное расстояние, выраженное в метрах, на котором ещё можно различить какой-нибудь предмет в каждом типе местообитания (чем больше такое расстояние, тем хуже будут защитные свойства местообитания). Экспертные оценки признака «обилие кормов» следует заменить на реальные значения урожайности ягод, кедровых орехов, трав и т. д., выраженные, например, в центнерах на гектар и полученные методом прямого учёта в природе.

В дальнейшем для усовершенствования модели местообитаний камчатского бурого медведя планируется предпринять следующие шаги:

- Уточнить значимость (вес) параметров модели посредством измерения итоговой привлекательности местообитаний при изменении значения каждого параметра в отдельности.
- Выбрать набор параметров модели, которые статистически важны и поддаются объективному количественному измерению.
- Верифицировать модель с помощью эмпирически полученных данных – прямого наблюдения в природе и данных слежения с использованием GPS-ошейников.
- Экстраполировать разработанную методику на всю Камчатку.
- Разработать пользовательский интерфейс, облегчающий ввод и модификацию входных параметров.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Авторы очень признательны А.С. Валенцеву, А.В. Маслову, Л.И. Рассохиной, В.Ю. Нешатаевой, И.В. Серёдкину и М.Л. Джибо за вклад в осуществление данной работы.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- Васильев Н.Г., Матюшкин Е.Н., Купцов Ю.В., 1985. Кроноцкий заповедник // Заповедники СССР. Заповедники Дальнего Востока. М.: Мысль. С. 54-91.
- Гордиенко В.Н., Гордиенко Т.А., Кириченко В.Е., 2006. Обзор работ по авиаучёту численности бурого медведя на Камчатке // Настоящий сборник.
- Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р., 1999. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН. 306 с.
- Нешатаев Ю.Н., 1994. Картографирование и районирование растительности Кроноцкого заповедника // Растительность Кроноцкого государственного заповедника. Санкт-Петербург: Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН. С. 201-208.
- Николаенко В.А., 2003. Камчатский медведь. М.: Логата. 120 с.
- Остроумов А.Г., 1968. Аэровизуальный учет численности бурого медведя на Камчатке и некоторые результаты наблюдений за поведением животных // Бюл. моск. об-ва испытат. природы. Отд. биол. Вып. 73. С. 35-50.
- Ревенко И.А., 1993. Бурый медведь. Камчатка // Медведи: бурый медведь, белый медведь, гималайский медведь. М.: Наука. С. 380-403.

Честин И.Е., Болтунов А.Н., Валенцев А.С., Остроумов А.Г., Челинцев Н.Г., Гордиенко В.Н., Ревенко И.А., Гордиенко Т.А., Раднаева Е.А., 2006. Популяция бурого медведя полуострова Камчатка: состояние, управление и угрозы в 1990-х гг. // Настоящий сборник.

Aldredge J.R., Thomas D.L., McDonald L.L., 1998. Survey and comparison of methods for study of resource selection // J. of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics. V. 3(3). P. 237-253.

Clark J.D., Dunn J.E., Smith K.G., 1993. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system // J. Wildlife Management. V. 57(3). P. 519-526.

Clevenger A.P., Wierzchowski J., Chruszcz B., Gunson K., 2002. GIS-Generated, Expert-Based Models for Identifying Wildlife Habitat Linkages and Planning Mitigation Passages // Conservation Biology. V. 16. P. 1523-1739.

Guisan, A., Zimmerman N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology // Ecological Modelling. V. 135. P. 147-186.

Johnson C.J., Gillingham M.P., 2004. Mapping uncertainty: sensitivity of wildlife habitat ratings to expert opinion // Journal of Applied Ecology. V. 41(6). P. 1032-1041.

Mario P., Meriggi A., Pagnin E., Lovari S., Russo L., 2003. A habitat model for brown bear conservation and land use planning in the central Apennines // Biological Conservation. V. 118. No. 2. P. 141-150.

Noon B.R., 1986. Summary: Biometric approaches to modeling - The researchers Viewpoint // Wildlife 2000: modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates. Univ. Wisconsin Press, Madison. P. 197-201.

Pearce J.L., Cherry K., Drielsma M., Ferrier S., Whish G., 2001. Incorporating expert opinion and fine-scale vegetation mapping into statistical models of faunal distribution // Journal of Applied Ecology. V. 38. P. 412-424.

Store R., Jokimaki J., 2003. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling // Ecological Modelling. V. 169. P. 1-15.

United States Fish and Wildlife Service (USFWS), 1981. Standards for the Development of Habitat Suitability Index Models. United States Fish and Wildlife Service, ESM 103. Department of the Interior, Washington, DC.

Van Manen F.T., Pelton M.R., 1993. Data-based modeling of black bear habitat using GIS // Proc. 21st Congress IUGB, Halifax, NC. V. 1. P. 323-329.

White G.C., Garrott R.A., 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press Inc. San Diego, California. 383 p.