

УДК 599.731.11:51-76 (470.6) – Sus : применение математических методов исследования в биологических науках, биометрии (Северный Кавказ)

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТНО-БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ КАБАНА (*SUS SCROFA* L., 1758) НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ (В ПРЕДЕЛАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ) НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

© 2015 А.Б. Пхитиков, Ф.А. Темботова

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова
Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук, г.Нальчик

Статья поступила в редакцию 28.09.2015

В статье описывается возможность характеристики ландшафтно-биотопической приуроченности кабана на Центральном Кавказе на основе данных дистанционного зондирования Земли с использованием различных методов математического анализа (дискриминантный анализ, нейронные сети, МАХЕНТ). Показано, что они позволяют выявить основные факторы, влияющие на распространение вида, а также визуализировать его потенциальный ареал, что имеет важное значение в планировании различных мер по рациональному использованию вида.

Ключевые слова: Центральный Кавказ, кабан, спутниковые снимки, дискриминантный анализ, нейронные сети, МАХЕНТ, ландшафтно-биотопическая приуроченность, основные факторы среды.

Важной природной особенностью Кавказа является наличие сложной и очень разнородной высотно-поясной структуры равнинных и горных ландшафтов, что проявляется в значительном разнообразии флоры и фауны региона [1]. Одним из неотъемлемых компонентов экосистем, имеющих как биологическое, экосистемное, так и социально-экономическое значение являются копытные. К наиболее обычным и распространенным видам из отряда Artiodactyla на Кавказе в целом, и Центральном Кавказе, в частности, относится кабан (*Sus scrofa* L., 1758), занимающий широкий спектр биотопов. Различные аспекты экологии и биологии кабана освещены в целом ряде публикаций [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и др.]. Однако, остаются недостаточно изученными особенности ландшафтно-биотопической приуроченности кабана на локальных территориях, с учетом разнородных факторов среды, в первую очередь физико-географических. Для решения этих вопросов являются эффективными современные методы исследований с применением спутниковых технологий и математического аппарата.

Целью работы являлась оценка возможности применения различных методов математического анализа с использованием дистанционной информации и полевых данных для характеристики ландшафтно-биотопической приуроченности кабана на Центральном Кавказе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В последние годы освоена и отрабатывается на различных видах копытных, в частности кабана, одном из основных объектов охоты на Центральном Кавказе, методика оценки качества местообитаний на основе данных дистанционного зондирования Земли с использованием разных методов анализа, разработанная группой под руководством Ю.Г. Пузаченко [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. В качестве дистанционной информации использованы снимки, полученные со спутников Landsat и радарные снимки SRTM. Различные свойства среды, используемые в дальнейшем для анализа и выделения определяющих факторов, отражаются как в прямых значениях каналов Landsat, так и через их соотношения (индексы) [20, 21, 22].

Исходными данными для анализа являлись материалы зимнего маршрутного учета кабана и данные маршрутных наблюдений в поясе широколиственных лесов в 2007-2008 гг., то есть до масштабного сокращения численности и ареала вида в ходе последующей «депопуляции» в рамках борьбы с распространением вируса африканской чумы свиней (АЧС). В качестве интерполяционной основы использовались три метода, в работе проведен их сравнительный анализ: дискриминантный анализ (ДА), метод нейронных сетей (НС) и метод «максимальной энтропии» (МАХЕНТ). В основу последнего положен принцип максимизации разнообразия (энтропии) по заданным точкам встреч вида и соответствующим им состояниям переменных среды. Воспроизводимое распространение вида соответствует условию его равновесия по отношению к среде.

Пхитиков Алим Бесланович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории горного природопользования. E-mail: pkhitikov@mail.ru
Темботова Фатимат Асланбиевна, член-корр. РАН, доктор биологических наук, директор. E-mail: iemt@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ позволил оценить исследуемую территорию, как потенциальную среду обитания кабана, на основании определения вероятности встречи животного в той или иной точке с учетом совокупности признаков среды в конкретном месте, где был зафиксирован след животного, и экстраполяции этих данных. Для удобства восприятия полученные результаты представлены в виде наглядной карты терри-

тории, где градация тона отражает различия в качестве территории. Так, на рис. 1 отображена визуализация вероятности встречи кабана на территории Кабардино-Балкарской Республики, полученная методом дискриминантного анализа.

Метод нейронных сетей дает схожую картину, но более «жесткую» (рис. 2), сужая возможные для обитания вида биотопы. Дискриминантный анализ показывает более широкое использование всех лесных участков, в результате чего интерполяция его размещения осуществляется с большей амплитудой.

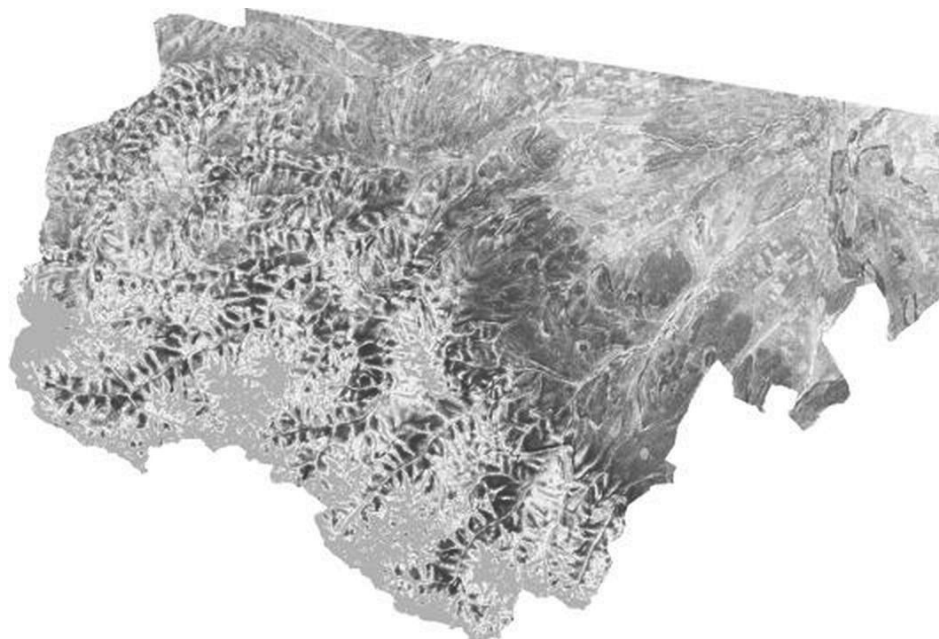


Рис. 1. Потенциально пригодные биотопы для обитания кабана на Центральном Кавказе (в пределах КБР).

Дискриминантный анализ
(более темным тонам соответствует

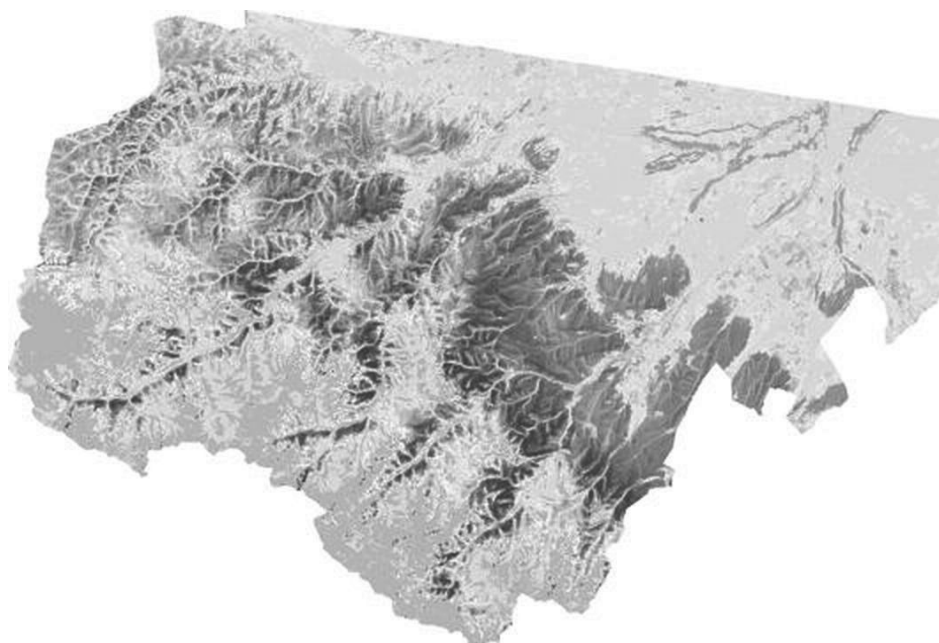


Рис. 2. Потенциально пригодные биотопы для обитания кабана на Центральном Кавказе (в пределах КБР).

Метод нейронных сетей
(более темным тонам соответствует большая вероятность обнаружения вида)

Метод MAXENT в соответствие с его логико-математической основой выделяет наиболее оптимальные местообитания и ближе по своим результатам к нейронным сетям (рис. 3).

Каждый из использованных методов позволяет выделить переменные среды, преимущественно определяющие пригодность местообитания для вида. Наиболее оптимальными биотопами считаются те, в которых вероятность обнаружения животных составляет 0,7 и выше. В целом, результаты сходные, и ниже приведены некоторые основные факторы, выявленные с помощью дискриминантного анализа.

Так, наблюдается заметная связь вероятности обнаружения животных с запасом фитомассы территории, (рис. 4) а также влажностью местообитания (рис. 5).

Согласно полученным характеристикам местообитаний, кабан на Центральном Кавказе предпочитает возрастные леса с хорошим запа-

сом фитомассы и достаточно высокой влажностью (мезофитные леса). Прослеживается также выраженная зависимость распределения вида на исследованной территории от ряда свойств рельефа. Так, предпочтительными являются среднегорья в пределах 900-2000 м над ур. м. (рис. 6). Животные, судя по полученным результатам, чаще используют склоны восточной экспозиции (рис. 7), причем довольно крутые (до 40°) (рис. 8).

Согласно нашей оценке на основании результатов анализов, пригодными для обитания кабана на Центральном Кавказе в пределах КБР является территория площадью порядка 180-200 тыс. га. Следует отметить, что эти результаты получены преимущественно на основе данных зимних наблюдений, тогда как летом вид может занимать более обширную территорию, в частности субальпийские луга в высокогорьях. Так, нами кабаны и следы их жизнедеятельности были обнаружены в разные годы в весенне-летний



Рис. 3. Вероятность встречи кабана на Центральном Кавказе (в пределах КБР). Метод MAXENT (более темным тонам соответствует большая вероятность обнаружения вида)

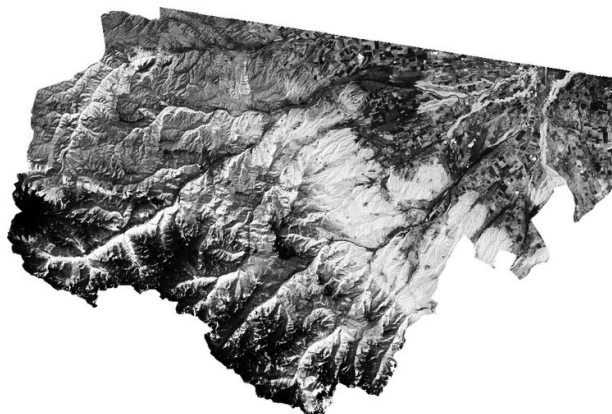


Рис. 4. Связь вероятности наличия кабана с запасом фитомассы (светлым тонам соответствуют наиболее благоприятные биотопы)

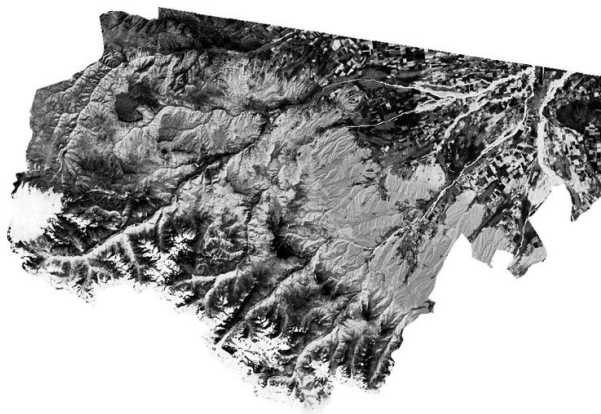


Рис. 5. Связь вероятности обнаружения кабана с влажностью (светлым тонам соответствуют наиболее благоприятные биотопы)

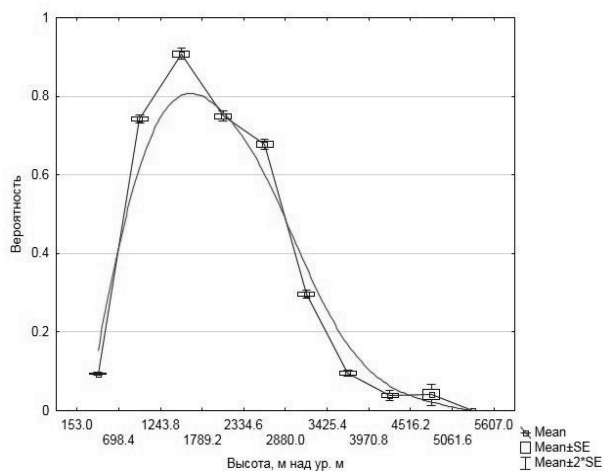


Рис. 6. Вероятность наличия кабана в зависимости от высоты над уровнем моря

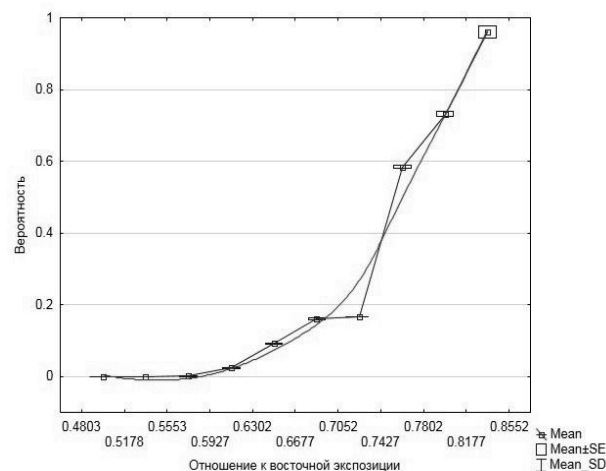


Рис. 7. Вероятность наличия кабана в зависимости от экспозиции склона

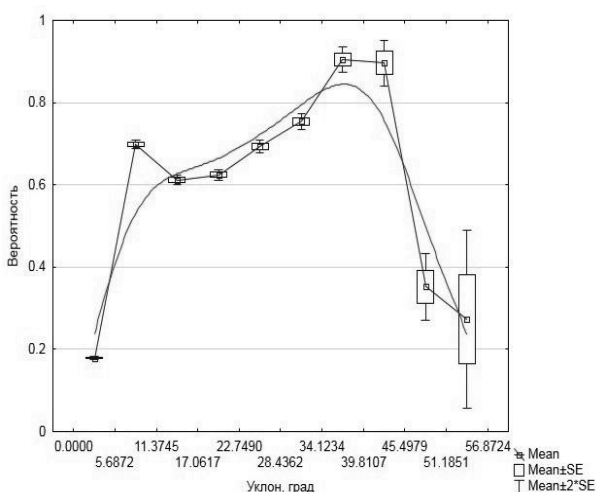


Рис. 8. Вероятность наличия кабана в зависимости от крутизны склона

период на высотах до 3000 м над ур. м., когда субальпийские луга свободны от снега и кормовая база более богата и разнообразна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из полученных данных можно заключить, что оценка качества местообитаний вида на основе комплекса данных с использованием дистанционной информации является эффективным и информативным методом, позволяющим выявить ключевые факторы, обуславливающие распространение и благополучие вида, что особо важно для эффективного планирования мероприятий, направленных на рациональное использование ресурсов вида, а при необходимости и восстановления. Для кабана это стало особо актуальным так как вид еще находится в депрессивном состоянии после катастрофического снижения численности и сокращения ареала с 2008 г. в рамках борьбы с распространением вируса африканской чумы свиней (АЧС) [23, 24].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Темботов, А.К. Проблемы экологии горных территорий / А.К. Темботов, Э.А. Шебзухова, Ф.А. Темботова, А.А. Темботов, И.Л. Ворокова – Майкоп, 2001. – 186 с.
2. Динник, Н.Я. Звери Кавказа. Китообразные и копытные / Н.Я. Динник. – Тифлис, 1910. – С. 23-64.
3. Темботов, А.К. Млекопитающие Кабардино-Балкарской АССР / А.К. Темботов. – Нальчик: Эльбрус, 1960. – 196 с.
4. Темботов, А.К. К изучению географического распространения животных в горах / А.К. Темботов. – Нальчик, 1970. – 36 с.
5. Темботов, А.К. География млекопитающих Северного Кавказа / А.К. Темботов. – Нальчик: Эльбрус, 1972. – 245 с.
6. Дуров, В.В. Размещение, миграции и численность кабана в Краснодарском крае / В.В. Дуров // Вопросы экологии позвоночных животных. – Краснодар, 1973. – С. 99-136.
7. Русаков, О.С. Кабан (экология, ресурсы, хозяйственное значение на северо-западе СССР) / О.С. Русаков, Е.К. Тимофеева – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 207 с.
8. Соколов, В.Е. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Копытные / В.Е. Соколов, А.К. Темботов – М.: Наука, 1993. – 527 с.
9. Данилкин, А.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных регионов. Свиньи (Suidae) / А.А. Данилкин. – М.: ГЕОС, 2002. – 309 с.
10. Темботова Ф.А. Численность и некоторые аспекты экологии кабана (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) на Центральном Кавказе (в пределах Кабардино-Балкарской республики) / Ф.А. Темботова, М.И. Аккиев, А.Б. Пхитиков // Животный мир горных территорий. – М.: КМК, 2009. – С. 478-484.
11. Бабаев, Э.А. Пространственная структура популяции и особенности экологии кабана (*Sus scrofa*, Linnaeus, 1758) в условиях предгорного Дагестана: дисс. канд. биол. наук / Бабаев Эльмар Асадович. – Махачкала, 2009. – 120 с.
12. Пузаченко, Ю.Г. Анализ пространственно-временной динамики экологической ниши на примере популяции лесной куницы (*Martes martes*) / Ю.Г. Пузаченко, А.С. Желтухин, Р.Б. Сандлерский //

- Журнал общей биологии. – 2010. – Т. 71. №6. – С. 467-487.
13. Пузаченко, Ю.Г. Спектральный анализ иерархической организации рельефа / Ю.Г. Пузаченко, И.А. Онуфреня, Г.М. Алещенко // Изв. РАН. Сер. географическая. – 2002. № 4. – С. 29-38.
 14. Пхитиков, А.Б. Современное состояние и перспективы сохранения копытных (*Artiodactyla*, *Mammalia*) в Кабардино-Балкарской республике / А.Б. Пхитиков // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2011. – №41. С. 52-58.
 15. Пхитиков А.Б., Экология, охрана и рациональное использование ресурсов копытных на Центральном Кавказе (в пределах Кабардино-Балкарской Республики): автореф. дис. канд. биол. наук / Пхитиков Алим Бесланович. – Тольятти, 2011. – 18 с.
 16. Пхитиков, А.Б. Анализ результатов тропления кабана в Кабардино-Балкарии с использованием дистанционной информации / А.Б. Пхитиков, Р.Х. Пшегусов, И.П. Котлов // Матер. конф. «Дистанционные методы исследования в зоологии». – М., 2011. – С.76.
 17. Пхитиков, А.Б. Оценка качества местообитаний на основе зимних учетов и дистанционной информации для горной части Кабардино-Балкарии / А.Б. Пхитиков, Р.Х. Пшегусов, И.П. Котлов // Матер. конф. «Дистанционные методы исследования в зоологии». – М., 2011. – С.74
 18. Пхитиков, А.Б. Оценка качества местообитаний тура и серны с применением дистанционной информации / А.Б. Пхитиков, Р.Х. Пшегусов, И.П. Котлов // Матер. конф. «Дистанционные методы исследования в зоологии». – М., 2011. – С.75
 19. Пхитиков, А.Б. Оценка качества местообитаний животных на ООПТ Кабардино-Балкарии на основании дистанционной информации / А.Б. Пхитиков, Р.Х. Пшегусов // Актуальные проблемы заповедного дела на Северном Кавказе. Матер. научно-практич. конф., посвященной 25-летию заповедника «Дагестанский». – Махачкала, 2012. – С. 146-154.
 20. Кренке, А.Н. Построение карты ландшафтного покрова на основе дистанционной информации / А.Н. Кренке, Ю.Г. Пузаченко // Экологическое планирование и управление – 2008. №2. – С. 10-25.
 21. Сандлерский, Р.Б. Термодинамика биогеоценозов на основе дистанционной информации / Р.Б. Сандлерский, Ю.Г. Пузаченко // Журнал общей биологии. – 2009. – Т.70. №2. – С. 121-142.
 22. Желтухин, А.С. Оценка качества местообитаний животных на основе учетов следовой активности и дистанционной информации / А.С. Желтухин, Ю.Г. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский // Сибирский экологический журнал. – 2009. – Т.16. №3. – С. 341-351.
 23. Пхитиков, А.Б. К вопросу о рациональном использовании ресурсов охотничьей фауны на примере дикого кабана на Центральном Кавказе / А.Б. Пхитиков, Ф.А. Темботова // Териофауна России и сопредельных территорий. Матер. Междунар. совещ. (IX Съезд Териологического общества при РАН). – М.: КМК, 2011. – С. 392.
 24. Темботова, Ф.А. Состояние популяции кабана (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) на Центральном Кавказе (в пределах Кабардино-Балкарской Республики) и его перспективы в связи с мероприятиями по борьбе с распространением африканской чумы свиней / Ф.А. Темботова, А.Б. Пхитиков // Вестник охотоведения. – 2011. – Т.8. №1. – С. 55-62.

**THE CHARACTERISTIC OF LANDSCAPE-AND-BIOTOPE PREFERENCE
OF THE WILD BOAR (*SUS SCROFA* L., 1758) IN THE CENTRAL CAUCASUS
(WITHIN THE KABARDINO-BALKAR REPUBLIC) IN TERMS OF REMOTE INFORMATION**

© 2015 A.B. Pkhitikov, F.A. Tembotova

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories
of Kabardino-Balkarian Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Nalchik

The possibility to characterize landscape-and-biotope preference in the wild boar in the Central Caucasus in terms of remote sensing data using different methods of mathematical analysis (discriminant analysis, neural networks, MAXENT), is described. It is shown that they allow both to reveal basic factors affecting the species distribution and visualize its potential range that is very important for planning different measures for rational use of the species.

Keywords: Central Caucasus, wild boar, satellite photos, discriminant analysis, neural networks, MAXENT, landscape-and-biotope preference, environment basic factors.