

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОЙ СТРУКТУРЫ БУЗУЛУКСКОГО БОРА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АНТРОПОГЕННЫХ СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМ

Р.В. Ряхов, С.А. Дубровская

Институт степи УрО РАН

Россия, Оренбург

e-mail: remus.rv@gmail.com, skaverina@mail.ru

В статье дана оценка тепловой структуры Бузулукского бора и прилегающих агроландшафтов при помощи методов геоинформационного дешифрирования ДДЗ. При помощи алгоритма расчета радиационной температуры поверхности построены картосхемы за период 1988-2016 гг. Проанализированы особенности изменения распределения значений температурных градиентов. Выделены участки пониженных и повышенных температурных показателей в пределах лесного массива и особенности дискретности теплового загрязнения сельскохозяйственных ландшафтов.

Ключевые слова: Бузулукский бор, агроландшафты, данные дистанционного зондирования, геоинформационный анализ, тепловая структура, температурный градиент.

GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE HEAT STRUCTURE OF BUZULUKSKY BOR AND NEARBY ANTHROPOGENIC STEPPE GEOSYSTEMS

R. V. Ryakhov, S. A. Dubrovskaya

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Russia, Orenburg

e-mail: remus.rv@gmail.com, skaverina@mail.ru

The article assesses the thermal structure of Buzuluksky bor and the adjacent agrolandscapes using the methods of geoinformational interpretation of remote sensing data. Using the algorithm for calculating the radiation temperature of the surface, maps were constructed for the period 1988-2016. The features of the change in the distribution of temperature gradient values are analyzed. Selected areas of low and high-temperature indicators within the forest and the features of the discreteness of thermal pollution of agricultural landscapes.

Key words: Buzuluksky boron, agrolandscapes, remote sensing data, geoinformation analysis, thermal structure, a temperature gradient.

Введение. Длительное время степная зона России подвергалась активной вырубке лесных массивов при сельскохозяйственном освоении. Один из не многих сохранившихся участков – Бузулукский бор, крупнейший преимущественно хвойный лесной массив степной зоны России, расположенный на границе Оренбургской и Самарской областей. В ландшафтном отношении, являясь аazonальным типом местности, формирует Бузулукскоборский бугристо-песчаный подрайон Боровско-Присакмарского сыртово-увалистого района Общесыртовско-Предуральской возвышенной провинции Восточно-Европейской равнины [1].

Несмотря на развивающиеся природоохранные методы и присвоение статуса национального парка бор подвержен интенсивной антропогенной нагрузке: добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство, рекреация. Для определения степени техногенного воздействия нами применен современный геоинформационный метод исследования при помощи данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Используемые в большинстве научных работ видимые и ближний инфракрасный диапазоны позволяют получить объем информации, отражающий пространственную структуру и состояние растительного покрова. В данном исследовании мы расширили возможности дешифрирования используя снимки в среднем тепловом инфракрасном диапазоне. Антропогенная среда оказывает воздействие на микроклиматические изменения подстилающей поверхности по сравнению с естественным ландшафтом. Этот факт является причиной геоэкологических исследований феномена «остров тепла». Для устойчивого функционирования ландшафта как целостной экосистемы необходимо сбалансировать условия обитания для человека (комфортность жилой среды) с сохранением природной компоненты, снизить, или изолировать уровни техногенного воздействия и реконструировать элементы природных экосистем с целью создания единого природно-экологического каркаса. Существование человека в будущем тысячелетии возможно только при условии нормального функционирования биосферы и окружающих нас ландшафтов [2].

Цель исследования: используя снимки в тепловом инфракрасном диапазоне, получить картографические модели Бузулукского бора (рис. 1) и прилегающей территории, для выявления устойчивых тепловых структур местности, различающиеся по уровням поверхностного повышения температуры.

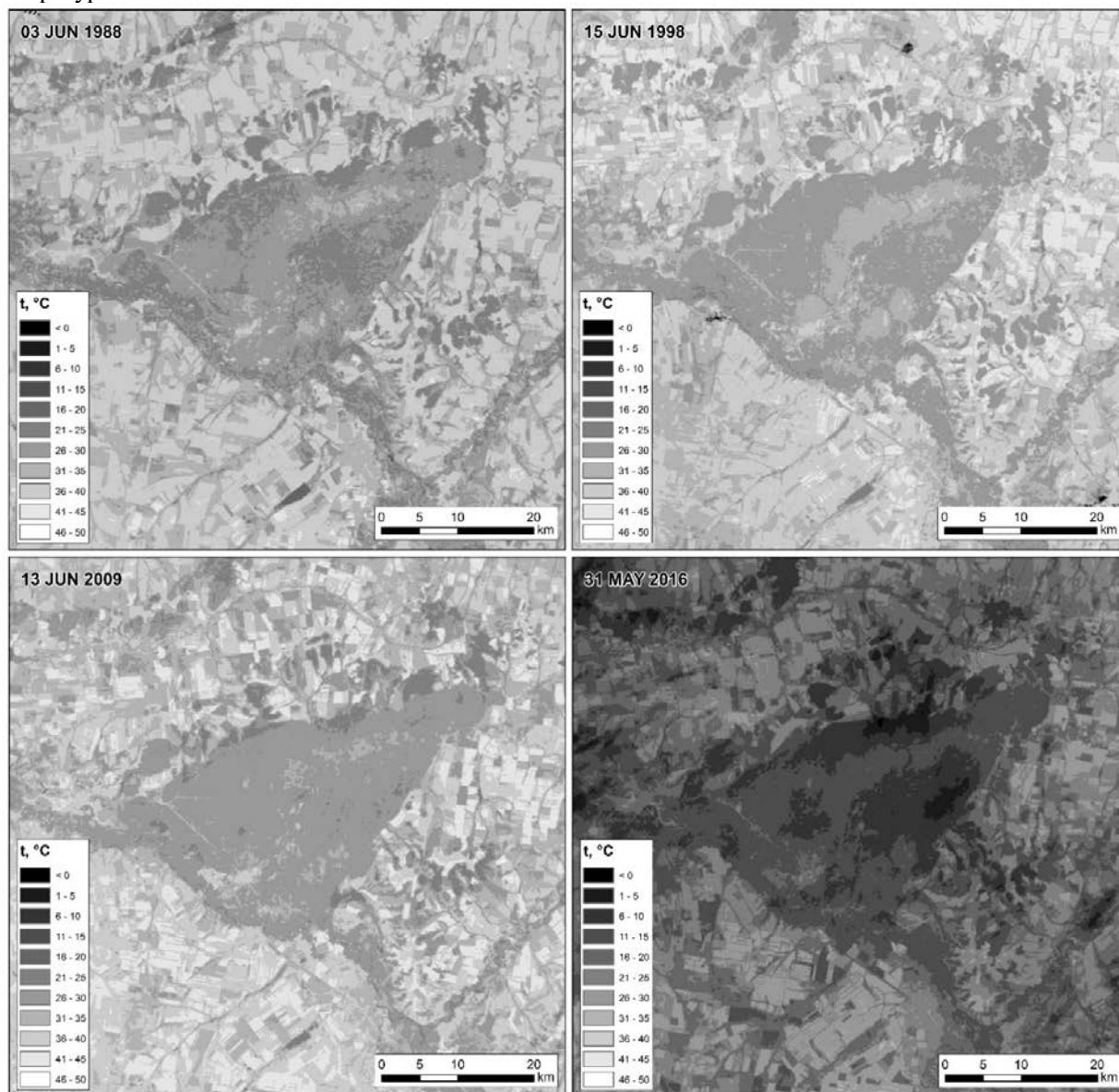


Рисунок 1. Разновременные картосхемы тепловой структуры Бузулукского бора и прилегающих антропогенных геосистем.

Методы исследования. Основным способом мониторинга геоэкологического состояния лесных и степных территорий является камерально-полевое обследование. Но учитывая масштабы территорий регионов России, использование геоинформационных методов, основанных на дешифрировании ДДЗ, для картирования тепловой структуры позволяют повысить охват территории и объективизировать результаты исследования. В качестве материала исследования применены разновременные снимки теплового диапазона со спутников серии Landsat (03 июня 1988 г., 15 июня 1998 г., 13 июня 2009 г., 31 мая 2016 г.) представленные Геологической службой США (USGS) и находящиеся в открытом доступе на электронном ресурсе – www.usgs.gov. Многочисленные картографические модели получены при помощи программных продуктов ENVI 5.1, QGIS 2.8, ArcGIS 10.2.

Показатели радиационной температуры поверхности рассчитывались по формуле [3]:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_1} + 1\right)} - 273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где, T – радиационная температура в градусах Цельсия; $K1, K2$ – калибровочные константы спутников Landsat; $L\lambda$ – яркость входящего излучения.

Яркость входящего излучения рассчитывается по формуле атмосферной коррекции тепловых каналов спутников Landsat:

$$L\lambda = MrQ + Ar$$

где, Mr и Ar – значения из файлов метаданных (для теплового канала *radiance_mult* и *radiance_add* соответственно); Q – дискретное калиброванное значение пиксела изображения (исходные спутниковые данные).

Математические расчеты производились в программном комплексе QGIS 2.8 при помощи утилиты «калькулятор растров». Получены растровые изображения, значения яркости пикселей которых отражают показатели температуры поверхности. Сбор статистики и экспорт в векторные данные осуществлялся в ENVI 5.1 алгоритмом «Density slice». Пиксели разбивались на полигоны с амплитудой значений в 1°C. Для аналитических и картографических мероприятий использовался программный комплекс ArcGIS 10.2.

Результаты и обсуждение. По результатам тематической обработки и проведенного геоинформационного анализа выявлены факторы, отражающие особенности тепловой структуры Бузулукского бора и проблемы, связанные с дешифрированием спутниковых данных. Построены четыре разновременные картосхемы температуры поверхности (рис. 1).

В каждом периоде лесной массив четко дифференцируется от агроландшафтов за счет более низкой температуры подстилающей поверхности. В среднем разница температур между типами ландшафтов достигает десяти градусов. В пределах центральной части бора наблюдается устойчивая ось повышенных температурных значений (пойменные участки р. Боровка и территории искусственных насаждений древесной растительности). Это связано с открытыми участками, образованными в результате лесовосстановительных работ, и, как следствие, большим коэффициентом влияния почвенной линии на показатели отражающей способности. В тоже время зоны наиболее низких температур приурочены к окраине лесного массива. Агроландшафты дифференцируются на тепловых изображениях по близким к максимальным значениям температуры поверхности. Ареалы теплового загрязнения достаточно устойчивы. Наблюдается увеличение дискретности показателей на картосхемах от 1988 по 2016 гг. за счет большей дробности и уменьшения средней площади сельхозугодий. При этом общая интенсивность антропогенного воздействия с 1988 г. по настоящее время изменилась незначительно.

Распределение показателей в зависимости от общей площади района исследования представлены на графике (рис. 2). Три более ранних периода (1988, 1998, 2009 гг.) достаточно близки по своему температурному режиму. Значения имеют достаточно близкое распределение с двумя ярко выраженными пиками плотности распределения, приуроченных к минимальным и максимальным температурным коэффициентам, которые коррелируют с площадными показателями территории Бузулукского бора и прилегающих агроландшафтов. Температурный график за 2016 г. более пологий, без резкой амплитуды колебаний показателей, где прослеживаемые два пика интенсивности носят менее резко выраженные различия в тепловых значениях. Причиной подобного распределения температурных данных является изменение сенсоров в более новой серии космических аппаратов и повышенным содержанием в атмосфере взвешенных аэрозолей и водяного пара в момент регистрации изображения, определенных по яркостным характеристикам во время атмосферной коррекции данных ($L\lambda$). Тепловой градиент поверхности отличается более низкими показателями относительно температуры воздуха. Для подтверждения результаты сопоставлялись с данными государственной метеорологической станции 2 разряда «Боровое лесничество», расположенной на территории Бузулукского бора в поселке Опытный (табл. 1).

Таблица 1

Температурный режим воздуха (данные государственной метеостанции) и показатели радиационной температуры поверхности (T)

Дата	t воздуха, °C	T, °C
03.06.1988	33,6	36,0
15.06.1998	35,7	37,6
13.06.2009	33,5	36,4
31.05.2016	25,1	15,9

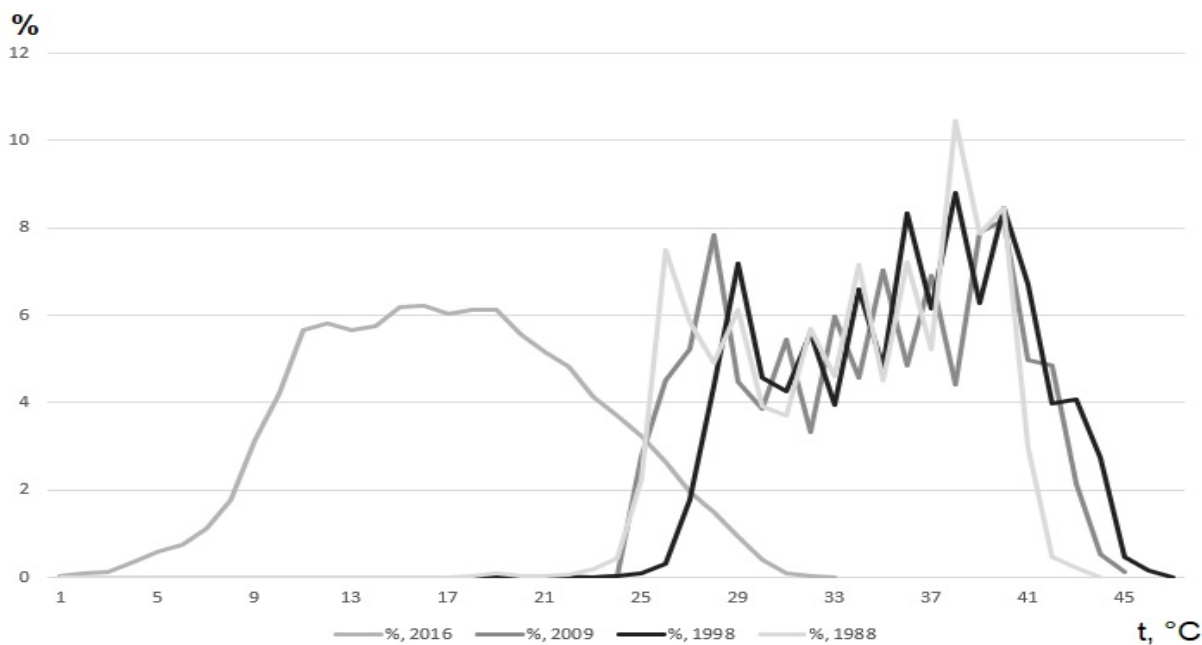


Рисунок 2. Распределение температурных значений в зависимости от площади района исследования (%).

Выводы. Применение ДДЗ позволило провести геоинформационные исследования тепловой структуры Бузулукского бора и прилегающих антропогенных ландшафтов. На территории лесного массива фиксируется более низкая температура поверхности по сравнению с окружающими агроландшафтами. Как следствие бор формирует благоприятный микроклиматический режим. Выявлены два пика плотности распределения показателей, приуроченных к территории бора и сельскохозяйственным угодьям соответственно. Сопоставление с результатами температурных исследований показало устойчивую корреляцию данных с государственной метеостанцией и результатов дешифрирования. Распределение тепловых значений в зависимости от общей площади района исследования неравномерно и характеризуется концентрацией пониженных показателей в пределах лесного участка и повышенных на агроландшафтах.

Статья подготовлена в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5).

Литература

1. Географический атлас Оренбургской области / Под ред. А.А. Чибилева. – М.: Изд-во ДИК, 1999. – 96 с.
2. Чибилёв А.А. Введение в геоэкологию (эколого-географические аспекты природопользования). – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 124 с.
3. Александрова А., Кубряков А., Станичный С. Двухканальный метод восстановления температуры поверхности Черного моря по измерениям Landsat-8 // Исследования Земли из космоса, 2016. – С. 57-64. DOI: 10.7868/S0205961416040023.

Literatura

1. Geograficheskij atlas Orenburgskoj oblasti / Pod red. A.A. Chibileva. M.: Izd-vo DIK, 1999. – 96 s.
2. Chibilyov A.A. Vvedenie v geoehkologiyu (ehkologo-geograficheskie aspekty prirodopol'zovaniya). Ekaterinburg: UrO RAN, 1998. – 124 s.
3. Aleksandrova A., Kubrjakov A., Stanichnyj S. Dvuhkanal'nyj metod vosstanovlenija temperatury poverhnosti Chernogo morja po izmerenijam Landsat-8 // Issledovaniya Zemli iz kosmosa, 2016. – S. 57-64. DOI: 10.7868/S0205961416040023.

(Ряхов Роман Васильевич, м.н.с. отдела степеведения и природопользования Института степи УрО РАН, 460000, г. Оренбург, ул.Пионерская, 11, телефон +73532776247;

Дубровская Светлана Александровна, к.г.н., ученый секретарь Института степи УрО РАН, 460000, г.Оренбург, ул. Пионерская, 11, телефон +73532776247).