

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ ПОЧВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ТЕПЛООВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Ю. С. Давидович

кафедра геодезии и космоаэрокартографии факультета географии и геоинформатики
Белорусского государственного университета, г. Минск, seg98001@gmail.com

Ф. Е. Шалькевич

кандидат биологических наук, доцент кафедры геодезии и космоаэрокартографии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, доцент

В работе показаны возможности использования инфракрасных тепловых снимков пространственного разрешения 100 м, полученных съемочной системой Landsat 8, для изучения почвенного покрова. Рассмотрены основные области применения тепловой съемки в географических исследованиях. На примере ключевых участков пахотных, лесных и луговых земель продемонстрировано влияние на формирование теплового поля почв различных видов земель их гранулометрического состава, степени увлажненности, содержания органического вещества, типа растительности и ее проективного покрытия.

Ключевые слова: изучение почв, тепловая съемка, данные дистанционного зондирования Земли.

В настоящее время материалы дистанционного зондирования нашли широкое применение в различных областях наук о Земле. Однако, если методические и технологические вопросы использования аэрокосмических снимков видимого, ближнего и среднего инфракрасного диапазона достаточно глубоко проработаны, то для инфракрасного теплового изучены недостаточно. На инфракрасных тепловых снимках отображаются тепловые свойства объектов земной поверхности, которые не находят отображения на снимках других диапазонов спектра и не воспринимаются зрительной системой человека. Тепловое излучение является индикатором различных свойств объектов как на глобальном, так и региональном уровне.

Материалы дистанционных съемок теплового инфракрасного диапазона длин волн наиболее широко используются на глобальном уровне для исследования атмосферных явлений [1], температуры поверхности Мирового океана [2] и суши [3]. На региональном уровне тепловая инфракрасная съемка является эффективным средством для изучения вулканов [4]. Менее изученным вопросом является применение тепловых снимков при исследовании природных и антропогенных объектов в крупных и средних масштабах (изучение островов тепла городов [5], влажности [6] и плодородия [7] почв, температуры подстилающей поверхности сельскохозяйственных угодий [8] и др.). На сегодняшний день

становится популярным использование снимков теплового диапазона, полученных с помощью БПЛА [9].

Объектом выполненных исследований послужил почвенный покров территорий Белорусского Полесья, сформированный на различных почвообразующих породах. Предмет исследования – тепловая инфракрасная космическая съемка.

Исследования выполнены с использованием инфракрасных тепловых космических снимков с пространственным разрешением 100 м, полученные съемочной системой Landsat 8. Для верификации результатов дешифрирования почв и растительности на тепловых снимках использовались почвенные карты, а также инфракрасные, панхроматические и синтезированные космические снимки систем Landsat 8 (15 и 30 м), PlanetScope (4 м) и БКА (2,1 м).

При дешифрировании космических снимков применялись визуальный и автоматизированный методы, а также метод ключевых участков.

Компьютерная обработка космических снимков проводилась с использованием программных продуктов ENVI 5.6 и ArcGIS 10.8. Используемые материалы дистанционных съемок прошли радиометрическую и атмосферную коррекцию.

При обработке тепловых снимков был применен коэффициент масштабирования для получения значений термодинамической температуры в Кельвинах. Далее был произведен перевод значений термодинамической температуры из Кельвинов в Цельсии. Данные преобразования были произведены с помощью инструмента Band Math программного продукта ENVI 5.6.

Для изучения особенностей дешифрирования почв на тепловых космических снимках было заложено три ключевых участка на различных почвообразующих породах.

Исследования теплового поля мелиорированных торфяно-болотных почв проводились в пределах глубокой долинообразной депрессии, на территории Брагинского района Гомельской области. Территория преимущественно распашана, рельеф в целом выровненный, по всей территории распространены микроповышения, различные по площади и конфигурации, формирующие пятнистый рисунок изображения (рисунок 1). На космическом панхроматическом снимке выразительно изображаются микроповышения с минеральными почвами на общем фоне торфяных почв.

Для изучения взаимосвязи пространственного распределения теплового поля исследуемой территории и свойствами почв был заложен ключевой участок «Мелиорация» площадью 135,4 га [10].

На квантованном тепловом инфракрасном космическом снимке (рисунок 2) красным цветом четко выделяются дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные связнопесчаные почвы, занимающие повышенные участки минеральных островов, температура которых колеблется в пределах от 31,7 °С до 34,1 °С. На плоских выровненных повышениях распространены дерново-глееватые связнопесчаные и минеральные остаточно-торфяные почвы с содержанием

органического вещества (ОВ) 10–5,1 %, изображенные красно-коричневым цветом (30,6–31,7 °С). Фоновой почвой для дерново-глееватых и минеральных остаточно-торфяных почв являются остаточно торфяные с содержанием ОВ 20,0–10,1 %, изображенные желтым цветом (29,5–30,7 °С). Дегроторфоземы торфяно-минеральные (ОВ 30,0–20,1 %) и торфянисто-глеевые почвы изображены салатным цветом.

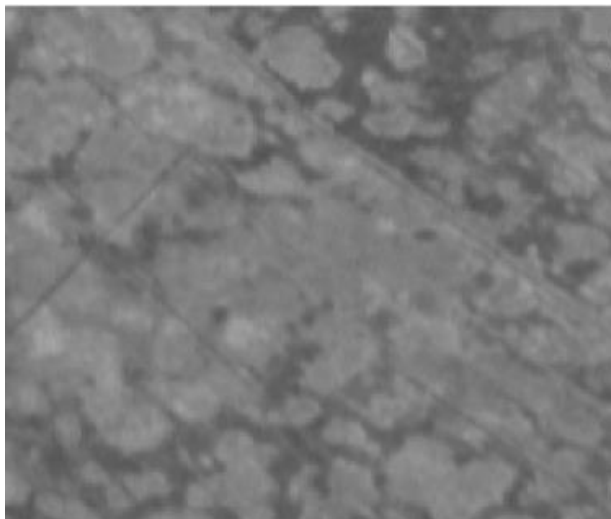


Рис. 1. Изображение мелиорированной территории на космическом панхроматическом снимке с пространственным разрешением 2,1 м

Общая закономерность формирования теплового поля исследуемой территории заключается в снижении интенсивности теплового излучения по мере увеличения степени увлажненности почв и мощности торфяного горизонта, от 29,5–30,7 °С у временно избыточно увлажненных до 24,4–26,2 °С у торфяно-глеевых (0,5–1,0 м).

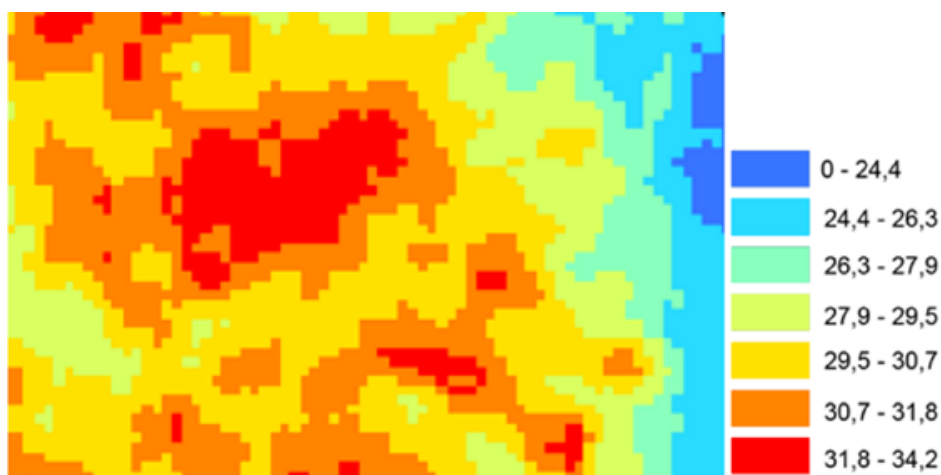


Рис. 2. Квантованное изображение теплового снимка ключевого участка «Мелиорация» (в °С)

Анализ изображений тепловых космических снимков ключевых участков распаханых автоморфных почв различного гранулометрического состава показал, что интенсивность теплового излучения связнопесчаной почвы на два градуса ниже, чем у связносупесчаной. Разносезонные тепловые космические снимки показывают, что интенсивность теплового излучения распаханной автоморфной связносупесчаной почвы в апреле месяце на одиннадцать градусов ниже, чем в сентябре. Хотя сезонная динамика теплового поля изменчива, так как зависит от интенсивности солнечной радиации.

Ключевой участок «Новоселки», площадью 10 541,8 га, заложен в Петриковском районе Гомельской области и характеризует почвы, занятые преимущественно лесной растительностью. Рельеф пологоволнистый, встречаются плоские грядобразные повышения, замкнутые и ложбинообразные понижения. Почвообразующей породой являются флювиогляциальные пески. Из лесной растительности преобладают сосна и береза, далее соответственно черная ольха и осина, из кустарников – ива [11].

На тепловых космических снимках индикатором растительности является интенсивность её теплового излучения. Тепловое поле лесной и луговой растительности характеризуется выраженной пространственной изменчивостью, обусловленной её видовым составом и проективным покрытием. На тепловом снимке (рисунок 3) растительность отображена различной плотностью тона изображения, как сочетание участков с различной интенсивностью теплового излучения.

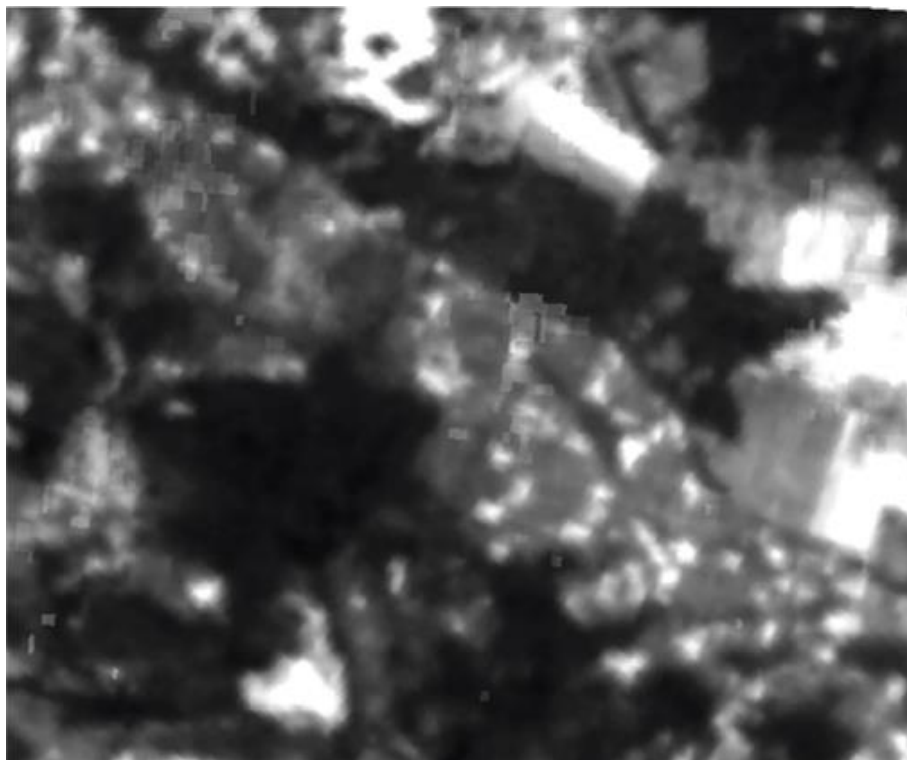


Рис. 3. Тепловой космический снимок ключевого участка «Новоселки»

На квантованном тепловом космическом снимке (рисунок 4) выразительно синим цветом изображаются березовые насаждения, произрастающие на дерново-подзолисто-глееватых и глеевых почвах, а также черноольховые – на дерново-глееватых, с самой низкой интенсивностью теплового излучения (9,5–16,5 °С). Это объясняется тем, что в период активной вегетации лиственные древесные породы как максимально накапливают, так и испаряют влагу, тем самым понижая свою температуру. Более высокая интенсивность теплового излучения (16,5–20,5 °С) у сосняков-долгомошников на дерново-подзолистых с иллювиально-гумусовым горизонтом и глеевых почвах, изображающиеся светло-синим цветом (рисунок 4). Следует отметить, что такая же интенсивность теплового поля и у дерново-глееватых связнопесчаных почвах, занятых луговой растительностью.

С юго-востока на северо-запад по территории ключевого участка простирается плоское грядобразное повышение, покрытое сосняками-лишайниковыми, реже мшистыми на дерново-подзолистых связнопесчаных оглеенных внизу почвах, контур которого отчетливо дешифрируется среди теплового поля участка с температурой от 20,5 до 22,9 °С (рисунок 4).

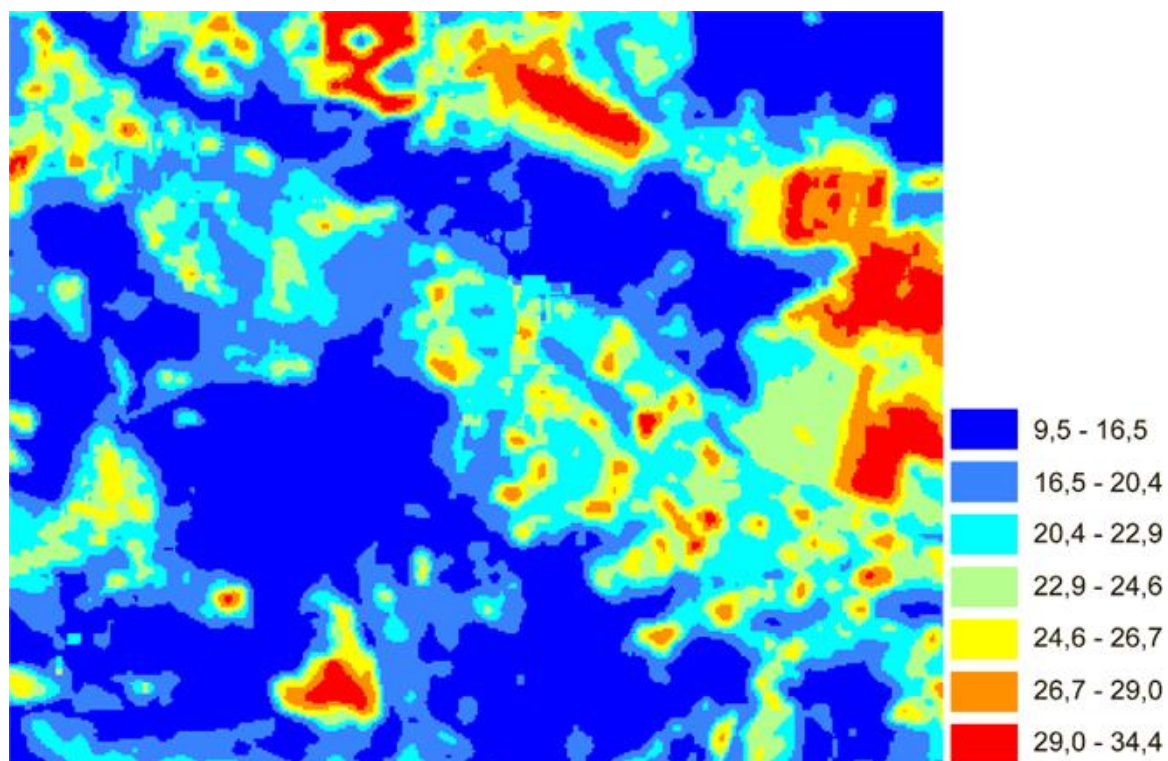


Рис. 4. Квантованное изображение теплового снимка ключевого участка «Новоселки» (в °С)

Характерной особенностью изображения данных почв является пятнистый рисунок изображения, который формируют вырубки лесной растительности. Интенсивность теплового излучения вырубок зависит от степени покрытия

травянистым покровом. На квантованном снимке (рисунок 4) контрастно выделяются участки, не покрытые растительностью с температурой в пределах 26,7–34,3 °С и покрытых – 22,9–26,7 °С. Отдельными контурами встречаются сосняки вересковые, произрастающие на дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных связнопесчаных почвах с теми же показателями интенсивности теплового излучения, что и у оглеенных внизу.

Результаты исследований возможности использования тепловых космических снимков съемочной системы Landsat 8 с пространственным разрешением 100 м для изучения почв территорий, сформированных различными почвообразующими породами, показали, что данные материалы после предварительной обработки могут использоваться для среднемасштабного дешифрирования почв и растительности. Для крупномасштабного дешифрирования необходимы снимки высокого и сверхвысокого пространственного разрешения. Полученные результаты показывают, что интенсивность теплового излучения почв пахотных земель снижается с увеличением степени увлажненности почв и содержанием в них ОВ. Формирование теплового поля лесных земель зависит от разнообразия видового состава лесной растительности и его проективного покрытия. Эффективность дешифрирования тепловых космических снимков возрастает с совместным использованием панхроматических снимков при дешифрировании почв пахотных земель и инфракрасных или синтезированных – лесных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Детектирование и оценка балла облачности по данным атмосферных ИК-зондировщиков высокого разрешения / А.Н. Рублев [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2004. – № 3. – С. 43–51.
2. Картирование температуры поверхности Мирового океана по данным геостационарных ИСЗ / В.И. Соловьев [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2001. – № 3. – С. 10–15.
3. Соловьев, В.И. Мониторинг температуры поверхности суши по данным геостационарных метеорологических спутников нового поколения / В.И. Соловьев, С.А. Успенский // Исследование Земли из космоса. – 2009. – № 3. – С. 79–89.
4. Козлов, Д.Н. Тепловизионная съемка активных вулканов Курильских островов в 2009–2011 гг. / Д.Н. Козлов, Р.В. Жарков // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2012. – № 1. – Выпуск № 19. – С. 231–239.
5. Воспроизведение острова тепла Московской агломерации в рамках региональной климатической модели COSMO-CLM / М.И. Варенцов [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2017. – № 6. – С. 25–37.
6. Зверев, А.Т. Мониторинг влажности почвы по данным многозональной съемки LANDSAT / А.Т. Зверев, Л.Х. Чинь // Исследование Земли из космоса. – 2015. – № 6. – С. 62–66.
7. Грубина, П.Г. Возможности использования данных тепловой съемки для детектирования основных параметров плодородия пахотных почв / П.Г. Грубина, И.Ю. Савин, Е.Ю. Прудникова // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – № 105. – С. 146–172.
8. Казяк, Е.В. Использование данных дистанционного зондирования земли для определения температуры подстилающей поверхности сельскохозяйственных угодий / Е.В. Казяк,

В.А. Генин // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф., 5–8 мая 2015 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П.С. Лопух (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 241–242.

9. Катковский, Л.В. Расчет параметров тепловизионной съемки объектов с беспилотных авианосителей / Л.В. Катковский // Доклады БГУИР. – 2020. – № 18 (2). – С. 53–61.

10. Курьянович, М.Ф. Дистанционная индикация мелиорированных земель Белорусского Полесья // М.Ф. Курьянович, Ю.С. Давидович, Ф.Е. Шалькевич // Весці БДПУ. Серыя 3. – 2021. – № 1. – С. 54–59.

11. Курьянович, М.Ф. Использование инфракрасных тепловых космических снимков для изучения почвенного покрова // М.Ф. Курьянович, Ю.С. Давидович, Ф.Е. Шалькевич // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1(68). – С. 21–31.