

## ТЕПЛОВЫЕ СТРУКТУРЫ И АНОМАЛИИ ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Отличия температуры поверхности урбанизированных территорий от окружающих естественных ландшафтов связаны с антропогенным преобразованием пространства, выражающимся в плотности застройки, малой площади древесных насаждений, загрязнении атмосферы, деятельности промышленных предприятий, транспорта и других источников теплового загрязнения. Все вышеперечисленное образует «острова тепла», влияющие на комфортность проживания горожан.

Для получения картографической модели урбанизированной территории и выявления тепловой структуры и устойчивых аномалий города Магнитогорска, использованы снимки в тепловом инфракрасном диапазоне со спутников Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, с пространственным разрешением в 100 метров. Анализ проводился при помощи программных продуктов ENVI 5.1, ArcGIS 10.2, с применением алгоритма неконтролируемой классификации растровых изображений ISODATA.

Тепловые аномальные области города Магнитогорска подразделяются на постоянные (устойчивые, выявленные на всех снимках, имеющие одинаковую площадь), постоянно неустойчивые (выявляются на всех снимках, имеющие разную площадь), временные устойчивые (определены на снимках только теплого времени года, имеющих одинаковую площадь) и временные (неустойчивые, проявляющиеся только на некоторых снимках), техногенное воздействие промпредприятия ОАО Магнитогорский металлургический комбинат, фоновое тепловое излучение. Отдельно выделяются области тепловых аномалий, связанные с техногенными проявлениями (загрязнение водных и почвенных объектов, снега).

Созданные картографические материалы на основе дешифрирования тепловых данных космической съемки, позволяют выделить объекты, оказывающие максимально сильное влияние на общую интенсивность теплового излучения. Присутствие на карте тепловых аномалий свидетельствуют о наличии в городской среде областей экологической напряженности, влияющих на природно-техногенную структуру города и комфортное проживание горожан.

Ключевые слова: дешифрирование, неконтролируемая классификация (алгоритм ISODATA), тепловой инфракрасный диапазон, кластеры, техногеосистемы.

### Постановка проблемы

Искусственная не живая среда города изменяет температуру поверхности по сравнению с природным естественным ландшафтом. Этот факт является причиной геоэкологических исследований феномена «остров тепла» в городских условиях, для этой цели используют материалы тепловой съемки спутников. «Остров тепла» (urbanheat island (UHI)) впервые был зарегистрирован британским химиком-фармацевтом и метеорологом Люком Ховардом 1810 году.

Изучение микроклимата (климат приземного слоя воздуха) урбанизированных территорий началось в середине XX века, к настоящему времени накоплен достаточно большой объем исследований этого явления.

Главная причина высоких температур в урботехногеосистеме – антропогенное преобразование природного пространства: плотность застройки (геометрия зданий, блокирование

воздушных потоков), минимум рекреационно-парковых зон, покрытие поверхности искусственными материалами (асфальт, бетон, обладающие высокими термическими свойствами), превышение уровня загрязнителей в атмосфере, промышленные предприятия, транспортные потоки и другие источники избыточного тепла. Тепловой остров города характеризуется суточной и сезонной динамикой.

Существенная разница суточных температур между урбанизированной и природной частями наблюдается вечером и ночью.

Сезонные изменения теплового поля в городе проявляются как зимой, так и летом.

Возникновение и развитие эффекта острова тепла в городских условиях влияет на снижение уровня комфортности проживания горожан: высокие температуры летом (усугубляет заболевания сердечно-сосудистой системы) и влажность зимой (рост острых респираторных инфекционных заболеваний).

### Материалы и методы исследований

Цель исследования – используя снимок в тепловом инфракрасном диапазоне, получить картографические модели урбанизированной территории, для выявления устойчивых тепловых аномалий, тепловых структур местности, связанными с природными и антропогенными геосистемами урботорритории, выявить районы города, различающиеся по уровням поверхностного острова тепла. Развитие г. Магнитогорск связано полностью с градообразующим предприятием ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО ММК) предприятие с законченным металлургическим циклом. Основные экологические проблемы города – высокий уровень загрязнения воздушного бассейна, почв, полная или частичная деградация почвенного покрова, нарушение состояния здоровья населения. Для обследования выбраны одновременные разносезонные снимки (тепловой инфракрасный диапазон, 11, 2009–2015 гг.) с целью изучения. В качестве исходных данных были использованы мультиспектральные снимки спутника Landsat 5 с сенсором TM, Landsat 7 с сенсором ETM+, Landsat 8 с сенсором OLI\_TIRS с разрешением 100 м. Снимки серии Landsat на территорию города Магнитогорска представлены Геологической службой США (USGS) и находятся в открытом доступе на электронном ресурсе – <http://www.glovis.usgs.gov/>. Анализ проводился при помощи программных продуктов ENVI 5.1, ArcGIS 10.2. Схема методика обработки тепловых снимков была заимствована у авторов Е.А. Балдина, М.Ю. Грищенко [1]. Для дешифрирования многовременного разносезонного теплового космического снимка применен алгоритм ISODATA, по средством которого были выявлены однородные геосистемы по сезонной динамике интенсивности теплового излучения. Кластеризация теплового снимка позволила выявить структуру теплового поля г. Магнитогорска, определить соответствие объектов к природным и антропогенным урбогеосистемам. На основании данных неконтролируемой классификации проведено картографирование тепловой структуры и тепловых аномалий местности. Выявление тепловых аномалий связано с объектами повышенной интенсивности теплового излучения (промышленные объекты).

### Результаты исследований и их обсуждение

Рассматривая карту тепловой структуры на территорию г. Магнитогорска по сезонной динамике интенсивности теплового излучения прослеживается дифференциация урбогеосистем. На правобережье р. Урал расположена большая часть парковых зон, жилые массивы, садово-дачные массивы, овощеводство, сельскохозяйственные угодья, старые отвалы металлургического шлама, карьеры, ПГС. Левобережье р. Урал антропогенные геосистемы, жилая застройка, коммунально-складская зона, старые отвалы шлама, шламохранилища, оросительные каналы, пастбища, северо-восточная часть города – промышленные объекты, южная – садово-дачные участки, карьеры. Приемником сточных вод ОАО ММК является Магнитогорское водохранилище, при наличии резервуара-охладителя отмечается тепловое загрязнение водохранилища. Тепловая структура г. Магнитогорска (рис. 1) дифференцируется следующим образом: 1 – области минимальных амплитуд теплового излучения (геосистемы пойменные участки лесных и кустарниковых массивов), 2 –

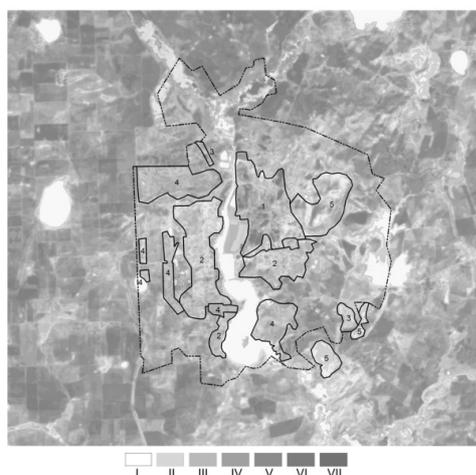


Рисунок 1. Тепловая структура г. Магнитогорска: I – области минимальных амплитуд теплового излучения; II – области пониженной интенсивности теплового излучения; III – области средней с уменьшенными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения; IV – области средней со значительными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения; V – область высокой интенсивности теплового излучения; VI – области очень высокой интенсивности теплового излучения; VII – области максимально высокой интенсивности теплового излучения; 1 – ОАО ММК, 2 – жилые массивы, 3 – промышленные объекты, 4 – коттеджные, садово-дачные поселки, 5 – карьеры, отвалы, шламы

области пониженной интенсивности теплового излучения (геосистемы парки, садовые участки), 3 – области средней с уменьшенными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения (соответствует сельскохозяйственным угодьям, пастбищам), 4 – области средней со значительными сезонными амплитудами интенсивности теплового излучения (урбогеосистемы селитебные территории – малоэтажная застройка), 5 – область высокой интенсивности теплового излучения (селитебные территории – многоэтажная застройка высокой плотности застройки с участками городской растительности), 6 – области очень высокой интенсивности теплового излучения (техногеосистемы ОАО ММК и др. промышленных объектов), 7 – области максимально высокой интенсивности теплового излучения (техногеосистемы ОАО ММК, резервуар-охладитель).

Картографические результаты обработки тепловых аномалий г. Магнитогорска (рис. 2) классифицируются по пространственно-временному признаку. Тепловые аномальные области подразделяются на постоянные (устойчивые, выявленные на всех снимках, имеющие одинаковую площадь), постоянно неустойчивые (выявляются на всех снимках, имеющие разную площадь), временные устойчивые (определены на снимках только теплого времени года, имеющих одинаковую площадь) и временные (неустойчивые, проявляющиеся только на некоторых снимках), техногенное воздействие промпредприятия ОАО ММК, фоновое тепловое излучение.

Нами отдельно выделены области тепловых аномалий, связанные с техногенными проявлениями (загрязнение водных и почвенных объектов, снега). Техногенные объекты с выраженной положительной тепловой аномалией особенно

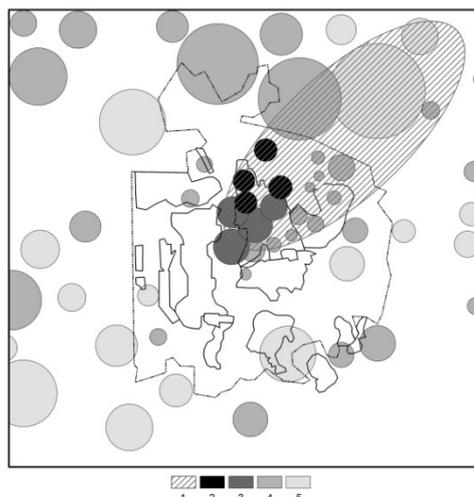


Рисунок 2. Тепловые аномалии г. Магнитогорска:  
1 –ареал теплового загрязнения выбросами,  
2 –постоянные устойчивые, 3 –постоянные неустойчивые, 4-временные устойчивые,  
5 –временные не устойчивые

явно выделяются в холодный период года. Созданные картографические материалы на основе дешифрирования тепловых данных космической съемки, позволяют выделить объекты, оказывающие максимально сильное влияние на общую интенсивность теплового излучения в г. Магнитогорске. Присутствие на карте тепловых аномалий свидетельствуют о наличии в городской среде областей экологической напряженности, влияющих на природно-техногенную структуру города и комфортное проживание горожан.

### Выводы

1) крупные промышленные предприятия – объекты, повышающие степень интенсивности теплового поля в урбоэкосистеме; 2) особенности расположения зданий (плотность); 3) рекреационная зона (пойменные участки с растительностью, парки, крупные водные объекты) – оказывают охлаждающее воздействие в городской среде.

07.09.2015

### Список литературы:

1. Балдина Е.А., Грищенко М.Ю. Методика дешифрирования разновременных космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2014. – №3. – С.35-41.
2. Генеральный план Магнитогорского городского округа. [Электронный ресурс]. URL:[http://magnitogorsk.ru/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=81&Itemid=143/](http://magnitogorsk.ru/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=81&Itemid=143/) (2015, 11 августа).

### Сведения об авторах:

**Дубровская Светлана Александровна**, научный сотрудник Института степи Уральского отделения Российской академии наук, кандидат географических наук

460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11, тел.: (3532)774432, e-mail: skaverina@bk.ru

**Ряхов Роман Васильевич**, инженер лаборатории геоэкологии и ландшафтного планирования Института степи Уральского отделения Российской академии наук

460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11, тел.: (3532)774432, e-mail: remus.r@gmail.com