районирования, учитывающего присутствие во всей толще (литогенной основе) ландшафтного покрова углеводов с их сложными генетическими корнями и спонтанной динамикой, процессами накопления, рассеивания, миграции как определяющего фактора последующей трансформации при нефтегазодобыче со всеми её следствиями. Это может быть сопряжение уже разработанного нефтегеологического районирования с имеющимися частными схемами компонентного, отраслевого, бассейнового районирования с учетом существующего многообразия подходов и экологической специфики природных сред. Региональные структурно-пространственные изменения нефтегазового комплекса России и их ландшафтно-экологические следствия остаются важнейшим компонентом комплексных географических исследований [4].

Список используемых источников

1. Азизов Х.Ф. Практические рекомендации по оценке геоэкологических рисков возникновения аварийных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов: Монография / Х.Ф. Азизов, Г.Н. Гребенюк, Г.К. Ходжаева. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2012. – 80 с.
2. Волдиман К.Ю. Качество жизни населения как индикатор устойчивого развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / К.Ю. Волдиман, В.И. Булатов // Современная экология: образование, наука, практика. Воронеж, 2017. – С. 282–289.
3. Волдиман К.Ю. Особенности техногенеза ландшафтов ХМАО – Югры / К.Ю. Волдиман // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова (Воронеж, 14–17 мая, 2018 г.) : в 2 т. / Под ред. : В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж : ИСТОКИ, 2018. – Т. 1. – С. 310–312.
4. Булатов В.И. Техногенные ландшафты и геотехнические системы нефтегазового региона (на примере ХМАО-Югры) / В.И. Булатов, Н.О. Игенбаева // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Миль-

кова (Воронеж, 14–17 мая, 2018 г.) : в 2 т. / Под ред. : В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж : ИСТОКИ, 2018. – Т. 1. – С. 306–308.

5. Карлович И.А. Некоторые закономерности эволюции техногенеза в современных условиях / И.А. Карлович, И.Е. Карлович // Геология, геоэкология, эволюционная география: Коллективная монография. Том XII / Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2014. – 356 с.

УДК 528.873.041.3

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ КРАСНОДАРА ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ СО СПУТНИКА LANDSAT 8

*Грищенко Михаил Юрьевич,
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
кафедры картографии и геоинформатики географического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
e-mail: m.gri@geogr.msu.ru*

*Калитка Лев Сергеевич,
магистрант кафедры картографии и геоинформатики
географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
e-mail: lev@kalitka.me*

В работе проанализировано тепловое поле Краснодара на основе результатов автоматизированного дешифрирования многовременного разносезонного теплового космического снимка, сформированного из снимков съёмочной системы TIRS (пространственное разрешение 100 м). Для выбора оптимального варианта результата неконтролируемой классификации разработан коэффициент различия графиков временных образов. Результаты автоматизированного дешифрирования показали выраженную дифференциацию теплового поля рассматриваемой территории, обусловленную сочетанием жилой застройки различной озеленённости и структуры, промышленных зон, лесных и парковых массивов, водных объектов и сельхозугодий в пригородной зоне.

Ключевые слова: тепловые космические снимки; географическое дешифрирование; тепловое поле; тепловая структура; Краснодар; Landsat.

DECORATION OF THE HEAT FIELD OF KRASNODAR FOR SPACE SHOTS FROM SATELLITE LANDSAT 8

Gryshchenko M.Y.

e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

Kalitka L.S.

e-mail: lev@kalitka.me

The paper deals with the analysis of Krasnodar thermal field based on automated interpretation or the multitemporal thermal infrared TIRS system image (spatial resolution of 100 m). To choose the optimal variant of the unsupervised classification result, the coefficient of difference of the temporal graphs was developed. Automated interpretation results showed pronounced differentiation of the thermal field of the study area, due to a combination of residential zones of various structures and greening, industrial areas, parks and forests, water objects and farmland in a suburban area.

Key words: thermal space images; geographical interpretation; thermal field; thermal structure; Krasnodar; Landsat.

Введение. Тепловое поле любой территории формируется интенсивностью собственного излучения расположенных на ней природных и антропогенных объектов. В свою очередь, интенсивность собственного излучения объекта определяется рядом факторов, которые зависят от его физических и биохимических свойств. Источник собственного излучения объекта может быть как внутренним (проявления вулканической и поствулканической активности, промышленные предприятия, для которых характерно выделение тепла в ходе производственного процесса), так и внешним (солнечное излучение). В свою очередь, интенсивность нагрева объекта под действием солнечной радиации и интенсивность его излучения также определяются свойствами этого объекта. Таким образом, интенсивность теплового излучения может быть дешифровочным признаком объектов, явлений, процессов и их свойств.

Набор космических снимков более информативен, чем одиночные снимки. Для изучения теплового поля местности актуально использование космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловых снимков), причём наиболее информативными будут снимки, зарегистрированные в интервале длин волн, на который приходится максимум собственного излучения земной поверхности (10–12 мкм). В случае использования тепловых космических снимков высокой информативностью с точки зрения дешифрирования характеризуются разносезонные ряды снимков [1].

Постановка проблемы. Для городов характерно повышение интенсивности теплового излучения (и, следовательно, повышение температуры воздуха и поверхности) по сравнению с окружающими территориями. Городской остров тепла – явление, заключающееся в повышении температуры воздуха в городе по сравнению с окружающей местностью; поверхностный остров тепла – явление, заключающееся в повышении температуры земной поверхности в пределах города по сравнению с окружающими территориями. Именно поверхностный остров тепла хорошо фиксируется на космических снимках.

С городским островом тепла связана проблема формирования городского местного и микроклимата, определяющего не всегда комфортные для жизни и деятельности населения условия, а также влияющего на повышение энергозатрат на обеспечение комфортного проживания в городе. Эта проблема относительно широко рассматривается для городов, расположенных в низких широтах, в то время как острова тепла городов умеренного пояса и более высоких широт изучаются далеко не так активно. Краснодар – один из крупнейших городов России (занимает 16 место по численности населения), но в отличие от большинства других крупных городов, характеризующийся климатом, близким к субтропическому. Общая характеристика теплового поля Краснодара и его поверхностного острова тепла по одиночным тепловым снимкам хорошо показана в статье [2]; задача нашего исследования – провести дешифрирование теплового поля Краснодара на основе разносезонной серии тепловых космических снимков с выделением элементов тепловой структуры города.

Материалы и методы. Для работы были использованы снимки со спутника Landsat 8, съёмочная система TIRS. На каждый сезон отобрано по 2–3 снимка.

Отбор снимков произведён в соответствии со следующими критериями:

1. Снимки должны полностью покрывать исследуемую территорию.

2. Снимки должны удовлетворять временным рамкам исследования (2015–2016 гг.).

3. На снимках должна отсутствовать облачность, так как облака перекрывают объекты земной поверхности и создают крупные тепловые аномалии.

4. Погодные условия даты съёмки должны быть схожи с усредненными показателями погодных условий для рассматриваемого промежутка времени.

5. Снимки должны показывать сезонных ход, следовательно, они должны быть максимально равномерно распределены по сезонам.

Изначально тепловые снимки съёмочной системы TIRS представлены в виде совокупности так называемых «сырых значений» яркости DN (digital number). Их необходимо перевести в физические единицы, а именно, в значения спектральной плотности излучения.

Для снимков съёмочной системы TIRS расчёт спектральной плотности излучения производится с использованием коэффициентов, полученных из их метаданных, и осуществляется по формуле: $L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$, где M_L – мультипликативный коэффициент масштабирования метаданных канала, Q_{cal} – исходные значения яркости пикселей, A_L – коэффициент масштабирования приращения для конкретных диапазонов [3].

Разносезонные тепловые космические снимки могут быть объединены в один многовременной снимок (аналогично формированию многозонального снимка). Процесс создания многовременного теплового космического снимка происходит следующим образом. Разносезонные снимки располагаются в порядке смены сезонов без учёта года съёмки. Далее из снимков формируется «многослойный» файл в одном из растровых форматов, поддерживающих такую функцию, например, в формате *.tif.

Для выявления тепловой структуры территории удобно провести неконтролируемую классификацию полученного таким образом многовременного космического снимка [1]. Неконтролируемая

классификация проведена по алгоритму ISODATA со следующими параметрами: вариант инициализации – along first eigenvector; минимальный размер кластера – 50 пикселей; порядок сходимости – 99 %; количество классов – от 5 до 21.

Далее из всех вариантов результатов неконтролируемой классификации необходимо выбрать один оптимальный. При выделении классов сезонная изменчивость интенсивности теплового излучения у них должна заметно различаться, в противном случае их выделение не имеет смысла; поэтому при определении оптимального количества классов мы ориентировались на различие графиков временных образов полученных классов и на возможность интерпретировать полученные классы, т.е. определить, какие объекты им соответствуют.

Для всех полученных вариантов результатов неконтролируемой классификации был вычислен коэффициент различия графиков временных образов, а именно средние значения разностей между ближайшими по интенсивности излучения классами для каждого снимка. Для вычисления потребовалось упорядочить все значения интенсивности теплового излучения от большего к меньшему для каждого отдельного снимка в рамках многовременного. Далее для каждого снимка из больших значений отнимались меньшие. В итоге для дальнейшей работы выбран результат классификации на 13 классов.

Результаты и их анализ. После выбора результата классификации с оптимальным количеством классов мы получили графики сезонной изменчивости интенсивности теплового излучения (т.е. графики временных образов) 13 классов. Каждый полученный класс интерпретирован, т.е. определено, какие объекты земной поверхности ему соответствуют.

Классы городской застройки являются наиболее «тёплыми». Изменения на графиках для всех классов городской застройки схожи, и различия заключаются только в числовых значениях, однако класс загородной частной малоэтажной застройки по динамике больше схож с классом луговых и кустарниковых сообществ, что обусловлено высокой степенью озеленённости такой застройки.

Классы водных объектов являются наиболее «холодными» по сравнению с другими. Графики акваторий реки Кубань и Краснодарского водохранилища имеют характерные для этого класса черты,

связанные с повышенной теплоёмкостью водных объектов, однако график класса акватории озера Старая Кубань заметно отличается от них повышенной интенсивностью теплового излучения. Зимой этот класс является самым тёплым среди других классов, что обусловлено активной эксплуатацией озера Краснодарской ТЭЦ.

Классы сельскохозяйственных полей характеризуются резкими сменами значений интенсивности теплового излучения ввиду разных севооборотов на полях. Наиболее плавными изменениями характеризуется класс необрабатываемых сельскохозяйственных полей, который по изменчивости интенсивности теплового излучения схож с классом луговых и кустарниковых сообществ. Наиболее «тёплым» является класс полей под паром.

Выводы. Тепловое поле Краснодара выделяется на фоне прилегающих территорий в связи с тем, что большое влияние на него оказывают, с одной стороны, промышленные зоны, образуя крупные по площади интенсивные положительные тепловые аномалии; с другой стороны, большая по площади городская застройка с низкой озеленённостью с активным поглощением и излучением тепла. Вклад в тепловую структуру города вносят крупные рекреационные зелёные зоны, создающие отрицательные тепловые аномалии;

Использование коэффициента различия графиков временных образов при выборе результата неконтролируемой классификации позволяет получить оптимальное количество классов объектов земной поверхности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-05-00715 А.

Список использованных источников

1. Грищенко М.Ю. Исследование возможностей применения снимков в тепловом инфракрасном диапазоне для создания тематических карт / М.Ю. Грищенко, Е.А. Балдина // Картография в цифровую эпоху. – 2017. – Т. 144 : Вопросы географии. – С. 358–375.
2. Погорелов А.В. Тепловой «портрет» города Краснодара. Поиск тепловых аномалий / А. В. Погорелов, Д.А. Липилин // Географические исследования Краснодарского края : Сборник научных трудов / Кубанский государственный ун-т [Под общей редакцией А.В. Погорелова]. – Краснодар : Кубанский гос. ун-т, 2016. – С. 219–231.

3. Using the USGS Landsat 8 Product [Электронный ресурс] / United States Geological Survey official website. – Режим доступа : <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. [дата обращения : 22.05.18 г.]. – Заглавие с экрана.

УДК 551.4

АНТРОПОГЕННЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ТРАКТОРОЗАВОДСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДА

Дьяченко Надежда Петровна,
кандидат географических наук, доцент кафедры географии,
геоэкологии и методики преподавания географии
Волгоградского государственного социально-педагогического
университета
e-mail: ms.npdyaachenko@mail.ru

Холодякова Мария Михайловна,
студентка факультета естественно-научного образования,
физической культуры и безопасности жизнедеятельности
Волгоградского государственного социально-педагогического
университета
e-mail: mmkholod@gmail.com

Представлена периодизация антропогенного преобразования рельефа на различных этапах освоения территории, разработана классификация антропогенных форм рельефа района исследований, определены площади антропогенно преобразованных территорий на основе использования картографического метода, выявлены современные тенденции антропогенного изменения рельефа территории Тракторозаводского района в целях оптимизации геоморфологической обстановки и прогноза дальнейших изменений.

Ключевые слова: антропогенный морфогенез; антропогенный рельеф; периодизация; геоморфологическая обстановка.