

УДК 528.873.041.3

А. П. Турлучев<sup>1</sup>  
А. А. Филобок<sup>2</sup>

## **Экологическая оценка температурного режима портовых городов на основе данных дистанционного зондирования земли (на примере г. Туапсе)**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»  
г. Краснодар  
e-mail: <sup>1</sup>turluchev.a.p@gmail.com; <sup>2</sup>econgeo@mail.ru

**Аннотация.** Исследование направлено на изучение теоретических и методических аспектов формирования температурного режима портовых городов. Теоретическая направленность исследования обусловлена потребностью изучения и оценки экологической составляющей развития населенных пунктов, поскольку она в значительной степени оказывает влияние на устойчивое развитие территорий.

Методическая часть исследования направлена на развитие и адаптацию авторской методики определения территорий перманентного температурного загрязнения урбанизированных территорий. В исследовании, для определения количественных показателей температуры поверхности земли одновременно использованы данные спутниковой съемки миссий landsat-8 и landsat-9.

Установлено, что наибольшее влияние на формирование температурного режима г. Туапсе оказывают торговые и социальные объекты, являясь основными постоянными источниками теплового излучения.

**Ключевые слова:** экология, температурный режим, морской порт, устойчивое развитие, градостроительное проектирование, температурное загрязнение, дистанционное зондирование земли, геоинформационные системы.

### **Введение**

Урбанизация прибрежных зон способствует концентрации и перегруппировке производственных сил, что углубляет процессы взаимодействия землепользователей. Неотъемлемой частью этого процесса выступает деятельность морских портов, которая неразрывно связана с их пространственным расположением и определяется физико-географическими особенностями территории. Морские порты, выступая экономическими и производственными центрами, способствуют интенсификации процесса урбанизации оказывая влияние на экологическую обстановку прилегающих территорий, что приводит к нарастанию напряженности между землепользователями прибрежной зоны.

В 1990 гг. ученые-географы внесли большой вклад в развитие экологии и экологического образования. В настоящее время актуальность вопросов исследования городов с целью определения факторов, влияющих на их экологическое состояние, и состояние населения не поддается сомнению [1].

В исследовании внимание сконцентрировано на изучении аспектов температурного режима г. Туапсе, поскольку на локальном уровне [2], устойчивое развитие территории находится в прямой зависимости от качества окружающей среды [3].

В целях реализации настоящего исследования, был выбран город Туапсе, расположенный на берегу Черного моря Краснодарского края, как один из ключевых транспортных узлов Черноморского побережья РФ, включающий крупный морской порт (важный пункт в поставках за рубеж сырьевой продукции страны – нефть, удобрения, уголь и т.п.) и железнодорожную станцию Северо-Кавказской железной дороги, нефтеперерабатывающий комплекс, центр курортного района [4].

### **Материалы и методы**

Исходными данными для определения границ исследуемой территории послужили данные Федеральной службы государственной регистрации кадастра и картографии Российской Федерации о кадастровом делении территории. Данные представлены в виде электронной карты (далее – Публичная кадастровая карта) и распространяются на основе стандарта Web Map Service (далее – WMS) – международной спецификации для публикации и использования в сети динамических карт.

Для получения количественных данных о температуре поверхности изучаемой территории были использованы открытые данные спутниковой съемки в дальнем инфракрасном спектре миссий Landsat-8 и Landsat-9 за период с 27.08.2021 по 05.07.2022 гг. Выборка снимков приведена в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Выборка спутниковых снимков**

<b>№ П/П</b>	<b>Наименование снимка</b>	<b>дата</b>	<b>спутник</b>
1	LC08_L1TP_174029_20210827_20210901_02_T1_B10.TIF	27.08.2021	Landsat-8
2	LC08_L1TP_174029_20211030_20211109_02_T1_B10.TIF	30.10.2021	Landsat-8
3	LC09_L1TP_174029_20220416_20220418_02_T1_B10.TIF	16.04.2022	Landsat-9
4	LC09_L1TP_174029_20220705_20220803_02_T1_B10.TIF	05.07.2022	Landsat-9

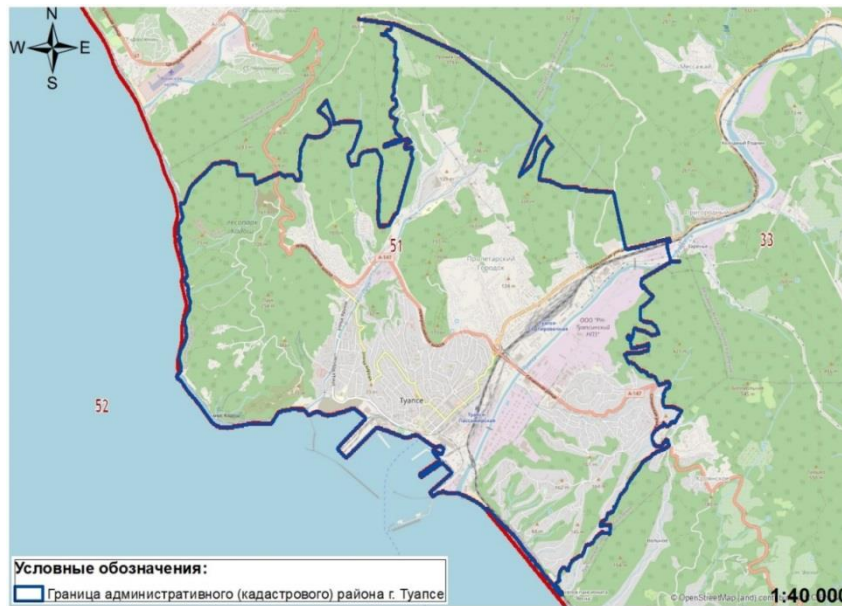
*Составлено авторами*

Основу геоинформационного картографирования составила методика определения территорий перманентного температурного загрязнения зон жилой застройки проведенная по авторской методике [5].

Отдельно стоит оговорить, что указанная методика была рассчитана на обработку данных спутниковой съемки миссии Landsat-8. Реализация настоящего исследования расширяет методику за счет включения в расчеты данных спутниковой съемки Landsat-9. Таким образом, количественные показатели температурного состояния поверхности земли получены на основе расчетов, проведенных на одновременном использовании данных обеих миссий – Landsat-8 и Landsat-9.

Определение границ исследуемой территории проведено по данным публичной кадастровой карты. Векторизация границ проведена по границе кадастрового района г. Туапсе (23:51:) (Рис. 1).

Следующим шагом проведено извлечение значений каждого растра (Канал 10 – Long Wavelength Infrared, TIR1) в границах исследуемой территории.



**Рис. 1.** Векторизованная граница исследуемой области.  
Составлено авторами

Далее, для каждого растра был проведен расчет температуры поверхности Земли в градусах Цельсия [6] и переход к относительной шкале измерений путем вычитания средних значений температуры из каждого снимка. Отдельно стоит оговорить, что в силу применения данных спутниковой съемки разных миссий Landsat, возникла необходимость применения в расчетах различных поправочных коэффициентов. Перечень использованных коэффициентов приведен в таблице 2.

Поправочные коэффициенты хранятся в файлах, входящих в каждый архив поставки продукта спутникового снимка и представляют собой текстовый файл (\*.txt), содержащий в своем имени аббревиатуру «\_MTL».

После чего, была создана бинарная маска зон permanently повышенной температуры и произведено построение поля средних значений температуры с последующей классификацией объектов, расположенных в температурных очагах (Рис. 2).

**Таблица 2**

Выборка спутниковых снимков

Наименование снимка	K1_CONSTANT_BAND_10	K2_CONSTANT_BAND_10
LC08_L1TP_174029_20210827_20210901_02_T1_B10.TIF	774.8853	1321.0789
LC08_L1TP_174029_20211030_20211109_02_T1_B10.TIF	774.8853	1321.0789
LC09_L1TP_174029_20220416_20220418_02_T1_B10.TIF	799.0284	1329.2405
LC09_L1TP_174029_20220705_20220803_02_T1_B10.TIF	799.0284	1329.2405

Составлено авторами

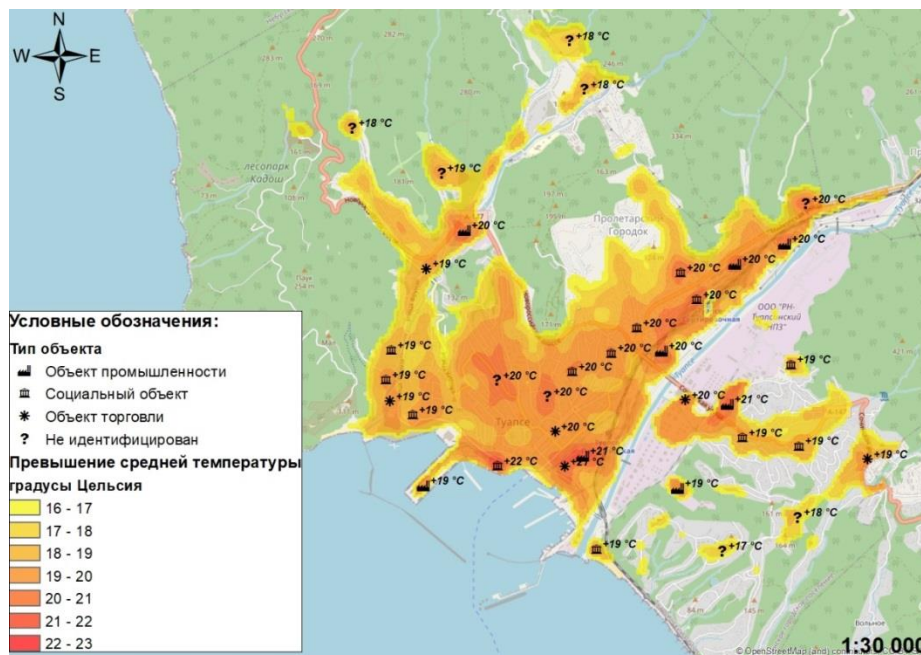


Рис. 2. Карта температурного режима г. Туапсе.  
Составлено авторами

Классификация объектов, формирующих очаги permanently повышенной температуры проведена по четырем классам:

- Объекты промышленности (фабрики, заводы, комбинаты и другие объекты относящиеся к сфере производства.);
- Объекты торговли (торговые –торгово-развлекательные центры, супермаркеты, рынки и др.);
- Объекты социального назначения (вокзалы, образовательные учреждения, пожарные части, медицинские учреждения, постройки вспомогательного назначения и др.).

### Результаты и обсуждение

Интерпретируя полученные результаты можно отметить, что основная часть территории permanently повышенной температуры расположена в северной части г. Туапсе и, соответственно на южном склоне.

Оценка полученных данных позволяет утверждать, что количественные показатели сброса тепла в атмосферу, практически идентичны у всех типов объектов.

Вычисленные усредненные пространственные и количественные показатели, позволяют сделать вывод о том, что на территории г. Туапсе наибольшее количество очагов permanently превышения средней многолетней температуры сформировано вблизи объектов социального назначения. Так, превышение среднего значения температуры в очагах достигает +22 градусов Цельсия (Стадион «Водник»).

В меньшем количестве представлены очаги, формируемые объектами промышленности, максимальная температура в которых достигает +21 градусов

Цельсия (территория Туапсинского НПЗ). На территории морского порта Туапсе (Широкий мол) обнаружен очаг (+19 градусов Цельсия).

Максимальные значения температуры в очагах формируемых объектами торговли, аналогична максимальной температуре объектов промышленности.

Отдельно стоит описать очаги, формируемые объектами, идентификация которых не представляется возможным. Не смотря на значительное количество таких очагов, их пространственная конфигурация позволяет выделить некоторые общие черты. Во-первых, очаги расположены преимущественно в зоне жилой застройки. Во-вторых, большинство из них располагаются по направлению улиц, что требует дальнейшего изучения причин их формирования.

### **Выводы**

Перечисленные результаты позволяют утверждать, что наибольшее влияние на формирование температурного режима г. Туапсе оказывают торговые и социальные объекты, поскольку являются основными постоянными источниками теплового излучения.

Оценка методических аспектов исследования позволяет утверждать, что одновременное применение данных спутниковой съемки миссий Landsat 8 и 9 для извлечения количественных показателей температуры поверхности земли реализуемо за счет использования в расчетах различных поправочных коэффициентов, содержащихся в MTL-фалах, расположенных в архивах спутниковой съемки.

### **Литература**

1. «Мы страна недоизмеренная», – академик Николай Касимов рассказал о перспективах развития географии в России // Российская академия наук. 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://new.ras.ru/activities/news/my-strana-nedoizmerennaya-akademik-nikolay-kasimov-rasskazal-o-perspektivakh-razvitiya-geografii-v-r/>.
2. Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России. / Н. Ф. Глазовский и др. Москва : Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2002. 444 с.
3. Чистяков В. И., Филобок А. А. Устойчивое развитие городов Азово-Черноморского побережья России в новых геоэкономических условиях. Краснодар: Просвещение-Юг, 2008. 308 с.
4. Словарь географических названий Краснодарского края: в 3 т. Т. 2: Экономическая география / под ред. М.Ю. Беликова, В.В. Миненковой, С.А. Шатилова. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2017. 409 с.
5. Филобок А. А., Турлучев А. П. Определение территорий перманентного температурного загрязнения зон жилой застройки города Новороссийска объектами социокультурной среды и хозяйственными комплексами // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 3. С. 367-373.
6. Using the USGS Landsat Level-1 Data Product // Landsat Missions. 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://landsat.usgs.gov/using-usgslandsat-8-product>.

A. P. Turluchev<sup>1</sup>  
A. A. Filobok<sup>2</sup>

***Environmental assessment of the temperature regime of port cities on the basis of earth remote sensing data (by the example of Tuapse)***

---

Kuban State University, Krasnodar  
e-mail: <sup>1</sup>turluchev.a.p@gmail.com; <sup>2</sup>econgeo@mail.ru

**Abstract.** *The study is aimed at studying the theoretical and methodological aspects of the formation of the temperature regime of port cities. The theoretical focus of the study necessitates the study and assessment of the environmental sustainability of development specifics, since it largely affects the sustainable development of development.*

*Carefully follow the consideration of aspects of the temperature regime of Tuapse, because at the right level, the sustainable development of the territory is in direct proportion to the quality of the environment.*

*To obtain quantitative data on the surface temperature of the study area, open satellite imagery data in the far infrared spectrum of the Landsat-8 and Landsat-9 missions were simultaneously used.*

*The result of the study was the creation of a map of the temperature regime of the city of Tuapse. The deciphering and classification of objects that form centers of permanently elevated temperature at different times allows us to conclude that the main centers are formed near commercial and social facilities located in the city also, on the constructed map, foci formed by objects, the identification of which is not possible, were found. The analysis of the spatial configuration of these foci allows us to identify some common features. First, the outbreaks are located mainly in the residential area. Secondly, most of them are located in the direction of the streets. This feature requires further study of the reasons for the formation.*

*The methodological part of the study is aimed at developing and adapting the author's methodology for determining areas of permanent temperature pollution in urban areas. In accordance with the methodology, the boundaries of the study area were determined and vectorized, the values, were extracted for each of the set of rasters (Channel 10 - Long Wavelength Infrared, TIR1) within the boundaries of the study area. Further, the calculation of the temperature of the Earth's surface in degrees Celsius was carried out. Based on the data obtained, a map of the temperature regime of the city of Tuapse was constructed, which is a raster surface that reflects the areas of excess of the average temperature from the set of initial data.*

*In the study, to determine the quantitative indicators of the temperature of the earth's surface at different times, satellite imagery data from the landsat-8 and landsat-9 missions were simultaneously used.*

*The conducted research allows us to assert that due to the use of correction factors K1\_CONSTANT\_BAND\_10 and K2\_CONSTANT\_BAND\_10 in the calculations, which are stored in the files included in each satellite image product delivery archive and which are a text file (\*\_MTL.txt), for different satellite missions, does not entail the occurrence of any or a significant error that prevents the simultaneous use of images for calculations.*

*In addition, the results of the study allow us to put forward a hypothesis about the need to more accurately determine the boundaries of the study area. this is based on the fact that almost half of the urbanized territory included in the study area is located in the zone of permanently elevated temperature. This circumstance may be a consequence of the inclusion in the boundaries of the study area, large areas of territories with a dense vegetation cover.*

*Thus, further research will be aimed at developing a method for clarifying the boundaries of exclusively urbanized territories.*

**Keywords:** *ecology, temperature regime, seaport, sustainable development, urban planning, temperature pollution, remote sensing of the earth, geographic information systems.*

### **References**

1. “We are an under-measured country”, Academician Nikolai Kasimov spoke about the prospects for the development of geography in Russia // Russian Academy of Sciences: 2022. URL: <https://new.ras.ru/activities/news/my-strana-nedoizmerennaya-akademik-nikolay-kasimov-rasskazal-o-perspektivakh-razvitiya-geografii-v-r/>. (in Russian).
2. Transition to sustainable development: global, regional and local levels. Foreign experience and problems of Russia. / N. F. Glazovsky and others - Moscow: Limited Liability Company Partnership of Scientific Publications KMK, 2002. 444 p. (in Russian).
3. Chistyakov V. I., Filobok A. A. Sustainable development of the cities of the Azov-Black Sea coast of Russia in new geo-economic conditions. Krasnodar: Enlightenment-South, 2008. 308 p. (in Russian).
4. Dictionary of geographical names of the Krasnodar Territory: in 3 volumes. Vol. 2: Economic geography / ed. M.Yu. Belikova, V.V. Minenkova, S.A. Shatilova. Krasnodar: Kuban state. un-t, 2017. 409 p. (in Russian).
5. Filobok A. A., Turluchev A. P. Determination of territories of permanent temperature pollution of residential areas of the city of Novorossiysk by objects of the socio-cultural environment and economic complexes / Geopolitika i ecogeodinamika regions. 2019. V. 5 (15). No. 3. S. 367-373. (in Russian).
6. Using the USGS Landsat Level-1 Data Product // Landsat Missions. 2018. URL: <https://landsat.usgs.gov/using-usgslandsat-8-product>.

*Поступила в редакцию 11.12.2022 г.*