

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Термический режим городов Заволжья по данным спутникового  
спектрорадиометра MODIS**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 5 курса 521 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Синицыной Маргариты Александровны

Научный руководитель,

зав. кафедрой, к.г.н. доцент \_\_\_\_\_

М.Ю.Червяков

Зав.кафедрой,

доцент, к.г.н. \_\_\_\_\_

М.Ю.Червяков

Саратов 2022

**Введение.** Постоянно ухудшающаяся экологическая обстановка на планете особенно ярко проявляется на территориях, подвергшихся урбанизации. Это обстоятельство обуславливает необходимость предусмотреть в концепциях развития городов максимальное соответствие градостроительных решений природным особенностям региона.

Происходящая на планете урбанизация, рост и развитие городских агломераций, как правило, нарушают природное экологическое равновесие и в пределах самого города, и на прилегающих к нему территориях. Возникло понятие «усталые города», где человек ощущает дискомфорт даже при отсутствии существенного загрязнения атмосферы.

Города и городские агломерации возникают на фоне климатических, а точнее микроклиматических особенностей конкретных территорий. Город как урбанизированная система создает свой микроклимат, отличный от естественного, природного. В зависимости от градостроительных решений урбанизированный микро- и биоклимат могут отличаться от естественного как в сторону ухудшения микро- и биоклиматических особенностей, так и в сторону их улучшения, т. е. экологическая обстановка в городах может регулироваться в значительной степени градостроительными решениями. Эти решения должны находиться в полной гармонии с естественными особенностями микро- и биоклимата территории.

В работе рассмотрена возможность использования спутниковых данных о температуре земной поверхности MOD10A1, полученных с помощью спектрорадиометра MODIS для оценки термического режима урбанизированной территории городов. Ершов и Красный Кут Саратовской области в период с 2017 по 2021 гг. Проведено сравнение данных спутниковых наблюдений с фактическими наземными измерениями температуры воздуха. Сравнения производились для дневных и ночных условий при условии одновременного наличия спутниковой и наземной информации. Показана

хорошая корреляционная связь рассматриваемых рядов данных. Выявлены различия температурного режима для городской территории и пригорода городов Ершов и Красный Кут. Рассмотрены особенности термического режима летнего и зимнего периода для дневных и ночных условий.

**Основное содержание работы. Микроклимат урбанизированных территорий.** В городе формируются особые микроклиматические условия. Микроклимат города – это климат приземного слоя воздуха отдельных участков городской территории. Приземной слой воздуха занимает воздушное пространство двухметровой высоты над уровнем земли.

На формирование микроклимата города, помимо природных условий, оказывают влияние условия, создаваемые городской застройкой, а также функционированием автотранспорта, теплоэлектростанций, промышленных и других предприятий.

В связи с антропогенным воздействием на климат, возникает необходимость количественной оценки таких воздействий. Из всего многообразия трансформации метеорологических элементов в городе наиболее существенным является изменение термического режима городов, выражающееся в повышении температуры воздуха, возникновении так называемого «острова тепла».

Тепловой остров города характеризуется хорошо выраженной суточной динамикой: наибольших значений разница температур между городом и пригородом достигает вечером и ночью — здания переизлучают накопленное за день тепло. Различают остров тепла, связанный с температурой воздуха, и остров тепла, связанный с температурой земной поверхности (поверхностный остров тепла) и с недостатком растительности на городских территориях.

Для более подробного исследования образования «островов тепла» были изучены полигоны в городах Красный Кут и Ершов и их ближайших пригородах.

## **2 Дистанционные методы измерения температуры подстилающей поверхности**

Данный метод основан на принципе регистрации теплового излучения с помощью радиометров, установленных на искусственных спутниках Земли (ИСЗ).

Используя значения тепловых каналов, можно определить температуру поверхности земли. ИСЗ, на которых используется такая аппаратура, позволяют дистанционно получать информацию практически по всему миру с достаточно высоким пространственным и временным разрешением.

Несмотря на то, что большинство методов спутникового зондирования регистрируют температуру поверхности, существует возможность с некоторым приближением оценить и температуру воздуха на основе этих данных.

Для исследования температуры земной поверхности были применены космические снимки в инфракрасном диапазоне от спектрометрических MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), которые установлены на спутниках Terra и Aqua.

На следующем этапе обработки данных MODIS на основе научных продуктов подготавливаются тематические продукты конечного потребления в виде тематических карт, схем, сопровождаемых легендой и другой атрибутивной информацией, а также векторных файлов.

Для получения доступа к спутниковым данным MODIS был использован ресурс Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples (AppEEARS) (рисунок 1). Интернет портал AppEEARS позволяет пользователям анализировать архивную и оперативную спутниковую информацию для выбранного региона за различные временные интервалы.

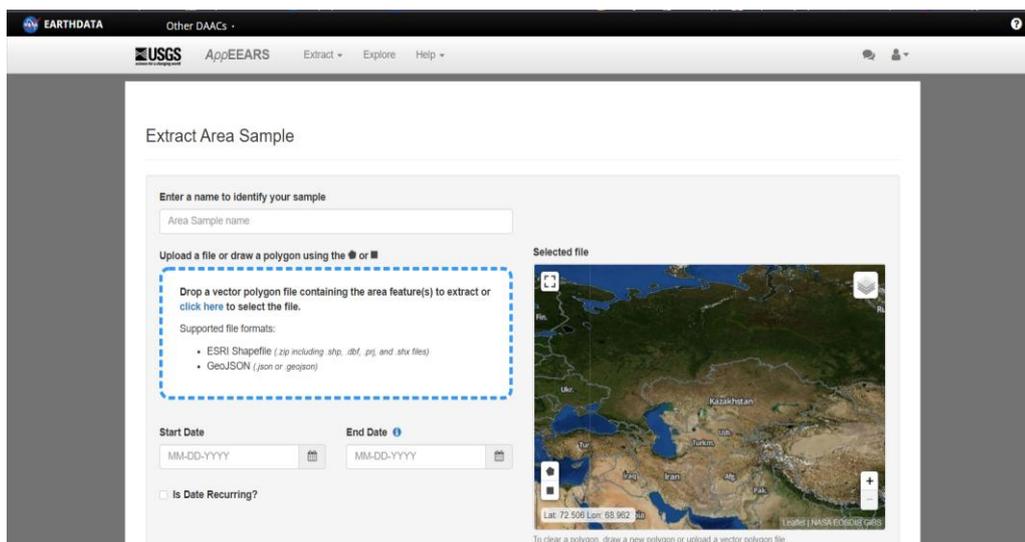


Рисунок 1 – Внешний вид интернет платформы AppEEARS (составлено автором)

Платформа AppEEARS позволяет работать с архивными и оперативными данными о температуре поверхности земли различными временными осреднениями. Продукты MOD10A1 на данной платформе обновляются ежедневно, по мере поступления информации со спутника.

В настоящем исследовании использовался продукт MOD10A1. Анализ термического режима проводился для территории городов Ершов и Красный Кут и ближнего пригородов в период с 2017 по июнь 2021 гг.

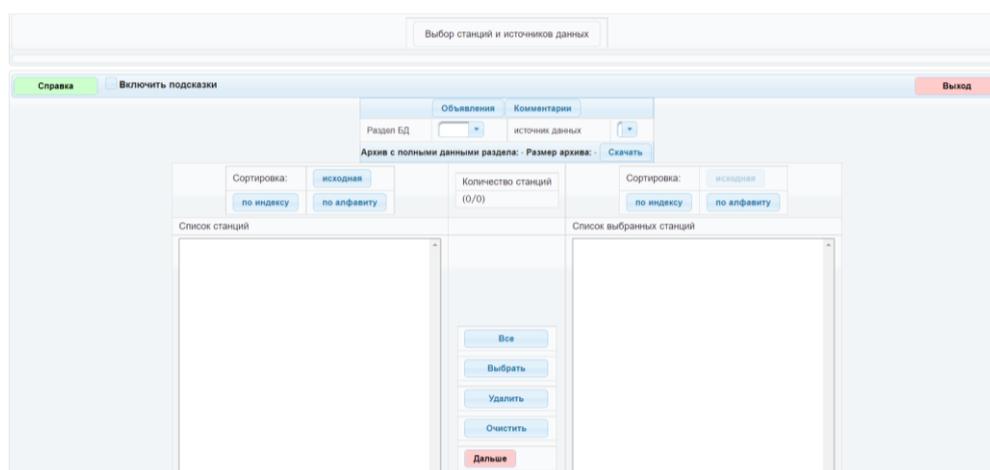


Рисунок 2 – Внешний вид интернет-платформы Аисори (составлено автором)

Для сравнения данных был использован ряд измерений приповерхностной температуры воздуха с интернет-ресурса «Аисори – Удаленный доступ к ЯОД-архивам» ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», внешний вид платформы приведен на рисунке 2.

Технологии Аисори – это общее название семейства программных продуктов, предназначенных для эффективной работы с архивами Государственного фонда данных о состоянии природной среды (Госфонд). Госфонд содержит десятки архивов по различным разделам изучения природной среды (метеорология, гидрология, аэрология, океанография, загрязнения сред и т.п.) за период с 1874 г. по настоящее время. Объем данных в большинстве архивов составляет от 1 до 20 Гбайт.

Расчет значений температуры поверхности производился по данным MOD11A1 для территории, ограниченной прямоугольным полигоном (примерно 2 на 2 км). Таким образом, с 01 января 2017 г. по 30 июня 2021 г. имеется параллельный ряд наблюдений приповерхностной температуры воздуха с АМСГ г. Ершов и г. Красный Кут с сайта Аисори и данных по температуре поверхности земли в виде спутникового продукта MOD10A1, что позволило провести сопоставление данных для этого промежутка времени и выявить хорошую взаимосвязь данных как для дневных, так и для ночных сроков. В качестве примера, на рисунках 3 и 4 представлены корреляционные диаграммы для дневного срока за рассматриваемый период.

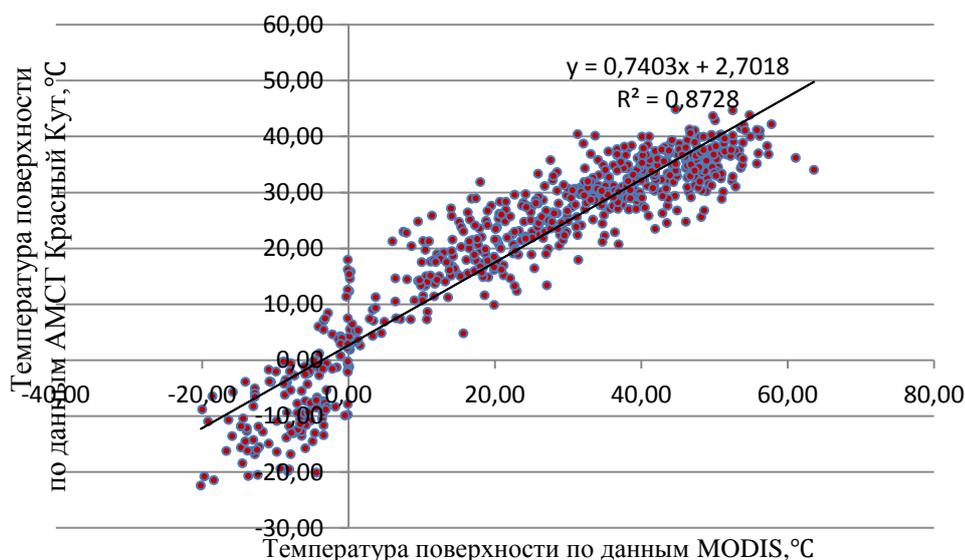


Рисунок 3 - Сравнение данных MODIS и данных наземных измерений на АМСГ Красный Кут в дневное время за период с 01.01.2017 г. по 30.06.2021 г.  
(составлено автором)

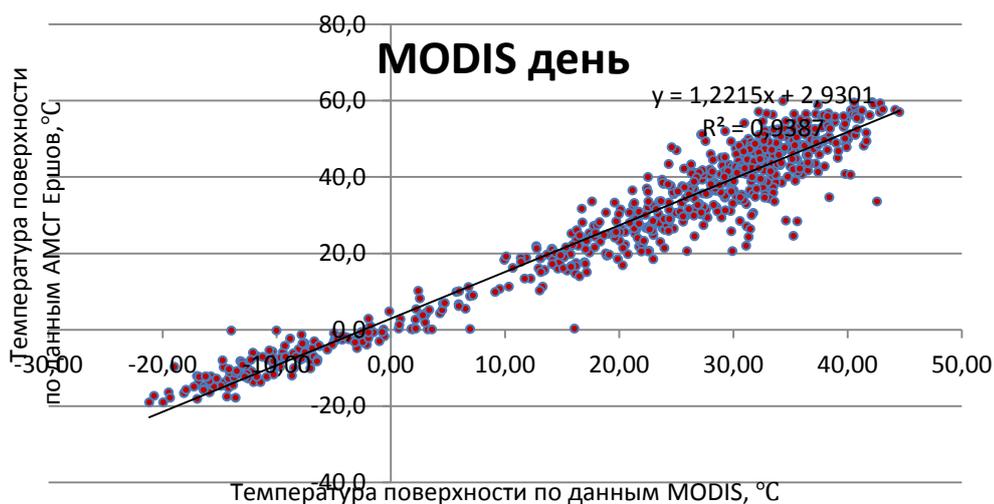


Рисунок 4 - Сравнение данных MODIS и данных наземных измерений на АМСГ Ершов в дневное время за период с 01.01.2017 г. по 30.06.2021 г.  
(составлено автором)

Таким образом, можно сделать заключение, что данные продукта MODIS по температуре поверхности могут быть использованы для интерпретации изменчивости температуры воздуха, так как имеют хорошую прямую корреляционную связь.

### 3 Температурный режим Левобережья Саратовской области по данным спектрометра MODIS

По данным полученным с АМСГ городов Красный Кут и Ершов, были составлены графики годовой изменчивости температурного режима в дневное и ночное время в период с января 2017 года по июнь 2021 года.

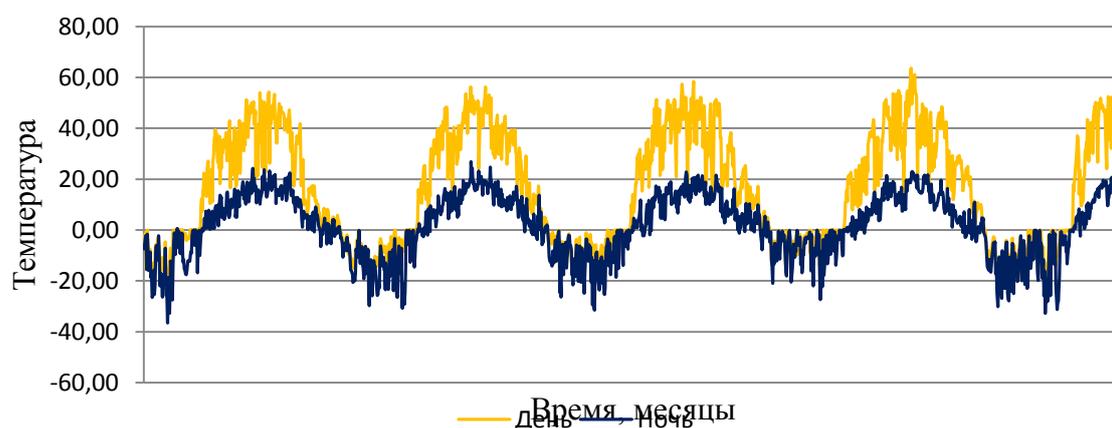


Рисунок 5 - Годовая изменчивость температурного режима в 2017-2021 гг. в дневное и ночное время по данным АМСГ г. Красный Кут (составлено автором)

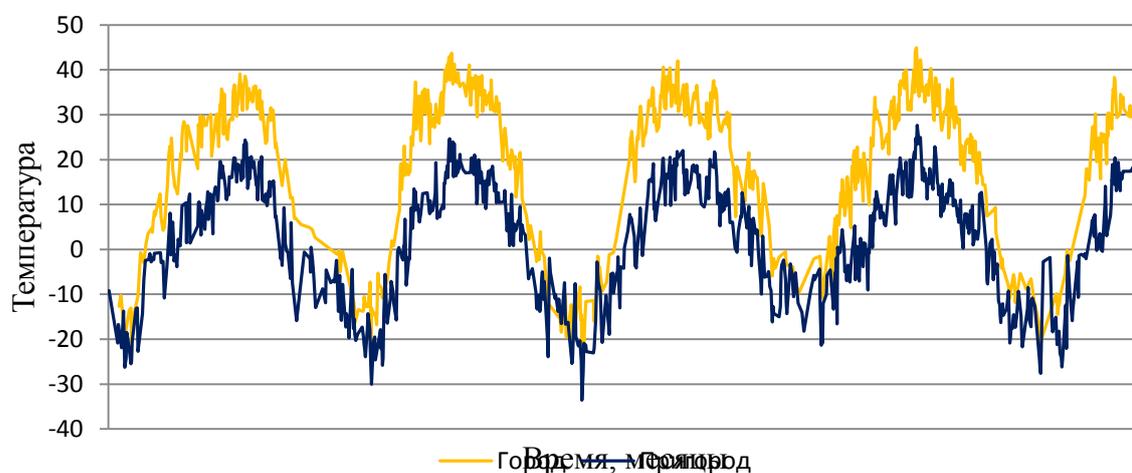


Рисунок 6 - Годовая изменчивость температурного режима в 2017-2021 гг. в дневное время в г. Красный Кут и ближайшем пригороде по данным спектрометра MODIS (составлено автором)

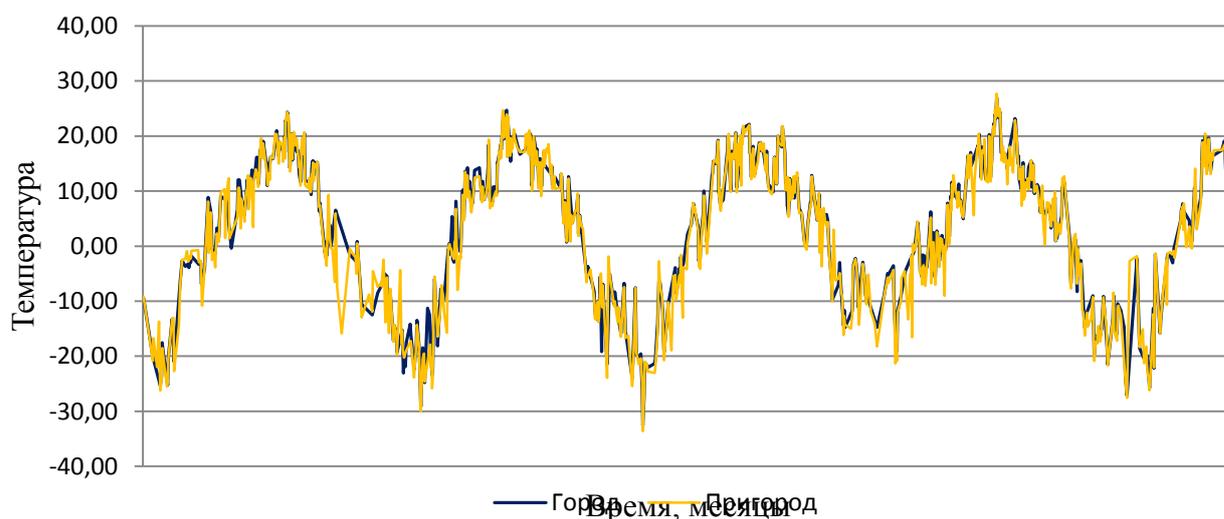


Рисунок 7 - Годовая изменчивость температурного режима в 2017-2021 гг. в ночное время в г. Красный Кут и ближайшем пригороде по данным спектрорадиометра MODIS (составлено автором)

Исходя из полученных графиков, можно сделать вывод, что в годовом ходе остров тепла получает максимальное развитие в весенне-летние месяцы, минимальное — в конце осени и начале зимы. Рост аномалий температуры в весенне-летние месяцы связан с более ранним сходом снежного покрова в городах по сравнению с естественными ландшафтами и, как следствие, более ранним и интенсивным прогревом подстилающей поверхности. В предзимье на фоне сезонного похолодания разность температур город-пригород нивелируется активностью синоптических процессов, в которых температура воздуха определяется, в основном, адвективными факторами и, в меньшей степени, разницей в величине радиационного и теплового балансов. В ночное время разница температур минимальна.

В случае, когда наблюдались измерения над территорией города и пригорода, рассчитывалась разница температур, как для дневных условий, так и для ночных. В качестве примера приведена временная изменчивость разности температур между городом и ближним пригородом г. Ершов и г. Красный Кут в 2017-2021 гг. по данным MOD10A1 в дневное и ночное время.

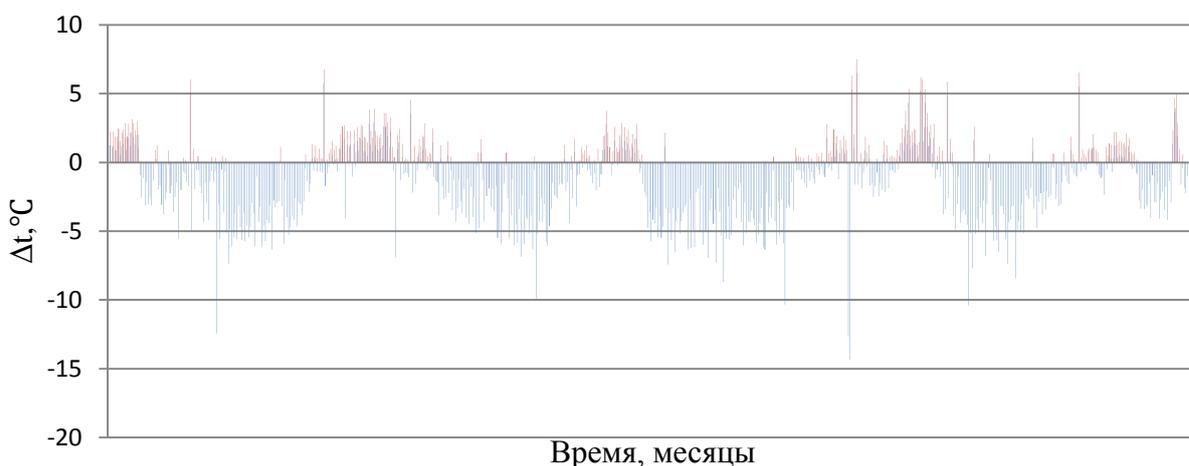


Рисунок 8 - Временная изменчивость разности температур между городом и ближним пригородом г. Красный Кут в 2017-2021 гг. по данным MOD11A1 в дневное время (составлено автором)

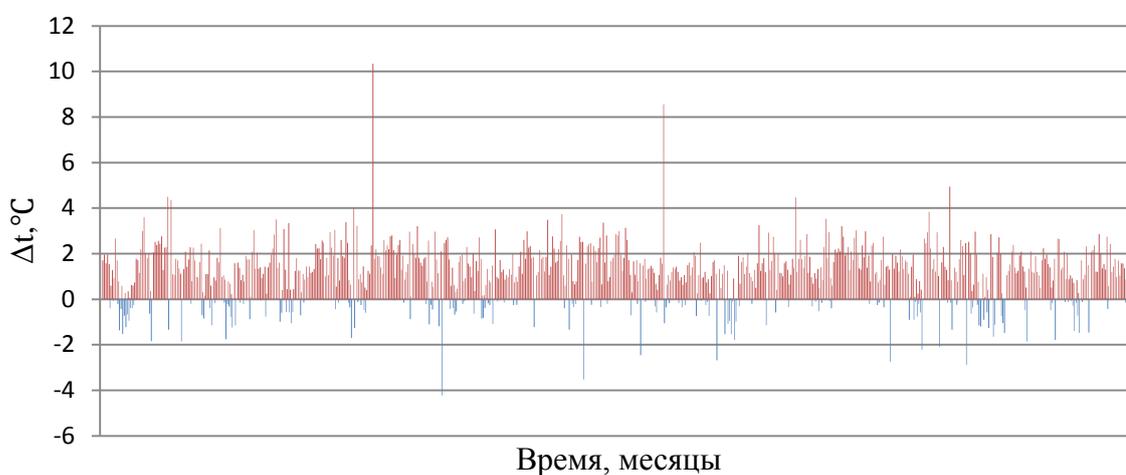


Рисунок 9 - Временная изменчивость разности температур между городом и ближним пригородом г. Красный Кут в 2017-2021 гг. по данным MOD11A1 в ночное время (составлено автором)

Стоит отметить различие хода разницы температур днем и ночью. Ночью, в течение всего года в городе наблюдается положительная разница температур по отношению к пригороду, в то время как днем положительные величины сохраняются только в зимний период времени. Летом дневная разница температур для города наоборот отрицательная, т.е. урбанизированная территория более прохладная по отношению к пригороду.

**Заключение.** На основе исследований, выполненных в дипломной, можно сформулировать следующие основные результаты:

Используя значения тепловых каналов, можно определить температуру поверхности земли. ИСЗ, на которых используется такая аппаратура, позволяют дистанционно получать информацию практически по всему миру с достаточно высоким пространственным и временным разрешением. Несмотря на то, что большинство методов спутникового зондирования регистрируют температуру поверхности, существует возможность с некоторым приближением оценить и температуру воздуха на основе этих данных.

В ходе выполнения дипломной работы была рассмотрена возможность использования спутниковых данных о температуре земной поверхности MOD10A1, полученных с помощью спектрорадиометра MODIS для оценки термического режима урбанизированной территории г. Ершов и г. Красный Кут Саратовской области в период с 2017 по 2021 гг.

Проведено сравнение данных спутниковых наблюдений с фактическими наземными измерениями температуры воздуха. Сравнения производились для дневных и ночных условий при условии одновременного наличия спутниковой и наземной информации. Рассмотрены особенности термического режима летнего и зимнего периода для дневных и ночных условий.

В целом, спутниковые данные спектрорадиометра MODIS могут быть использованы и для других урбанизированных территорий Заволжья, где метеорологическая сеть наблюдений имеет малую плотность.

