

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

Кафедра метеорологии и климатологии

**Изменчивость температурного режима свободной атмосферы в районе
Саратова на основе данных дистанционного зондирования**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 5 курса 521 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географический факультет

Гавриленко Кристины Александровны

Научный руководитель

Зав каф, к.г.н., доцент

подпись, дата

М.Ю. Червяков

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

подпись, дата

М.Ю. Червяков

Саратов 2021

Введение.

Цели бакалаврской работы:

1. Изучить методы и средства получения информации о температуре с помощью дистанционного зондирования.
2. Оценить изменение температурного режима в свободной атмосфере в Саратове, с помощью данных о температуре на верхних границах атмосферы, оценить условия возникновения конвективных образований в Саратовской области.

Для выполнения поставленной цели решаются следующие задачи:

- а) изучить изменения температурного режима в пункте города Саратов;
- б) изучить временную изменчивость характеристик тропопаузы, высоту нижней границы и температуру на её высоте;
- в) построить корреляционную зависимость изменчивости температуры на её высоте;
- г) оценить синоптические условия во время резкого изменения высоты тропопаузы;
- д) определить случаи с мощной конвекцией.

Основное содержание работы.

Атмосфера распространяется вверх на много километров. Верхняя ее граница, на высоте около 2000 - 3000 км, в некоторой мере условна, так как газы, ее составляющие, постепенно разрежаясь, переходят в мировое пространство.

Стратосфера это слой атмосферы высотой от 11 до 50 км, который находится над тропосферой. Главным признаком стратосферы является подъём температуры с высотой [2]. Тропосфера - это нижний главный слой атмосферы. Верхняя граница остаётся на отметке 8 - 10 км. В тропосфере образуются конвекция и турбулентность, возникают облака, случаются циклоны. Температура убавляется с ростом высоты. Градиент: $0,65^{\circ}/100 \text{ м}$.

Тропопаузой называют переходный слой между тропосферой и стратосферой. При подъеме из тропосферы в слой тропопаузы происходит

резкое замедление в падении температуры, переходящее нередко в изотермию или инверсию.

Внезапные стратосферные потепления. Внезапное стратосферное потепление (ВСП) - это мощное и неожиданное увеличение температуры в полярной и субполярной стратосфере зимой, редко на 50 градусов и больше в течение нескольких (около десяти) дней. ВСП происходит на высотах от 10 до 50 км, и обладает большой величиной отклонения температуры от средних значений, часто которые превышают два стандартных отклонения фоновой модели [6].

В бакалаврской работе был использован архив аэрологических данных с сайта Университета Вайоминга [14], который находится в открытом доступе. Для расчета значений метеорологических параметров использовались данные двухразового зондирования за лето 2017 г. В некоторые сроки наблюдения не проводились, либо были ограничены малой высотой подъема радиозонда.

На рисунке 1 приведена временная изменчивость температуры на высоте тропопаузы за июнь 2017 г. в 12:00. Из данного рисунка видно, что максимальная температура за этот период наблюдалась 3 июня 2017 г. на высоте 5911 м и составила - 36,7 °С, минимальная температура – 10 июня 2017 г. на высоте 11678 м составила - 61,7 °С. 17 и 27 июня 2017 г. наблюдения не проводились, так как радиозонд не долетел до тропопаузы.

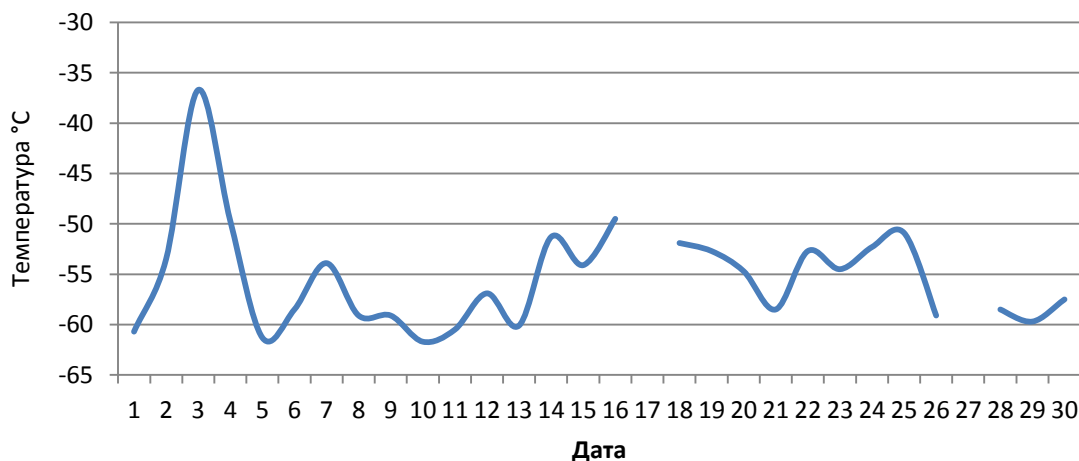


Рисунок 1 – Временная изменчивость температуры на высоте тропопаузы
в июне 2017 г. (составлено автором)

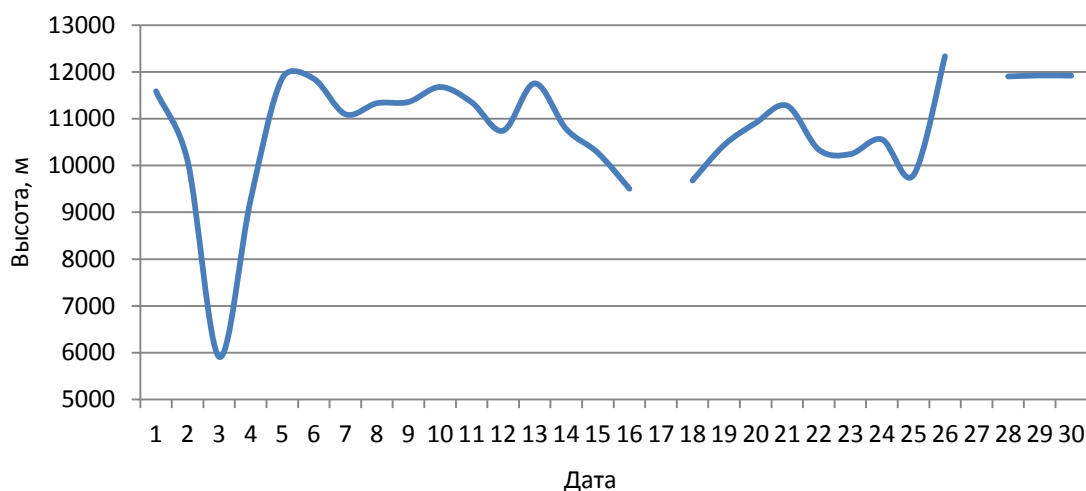


Рисунок 2 – Изменчивость высоты нижней границы тропопаузы в июне
2017 г. (составлено автором)

На рисунке 2 приведена изменчивость высоты нижней границы тропопаузы в июне 2017 г. Минимальное значение 5911 м отмечается 3 июня 2017 г, максимальные значение 11924 м видно 29 июня 2017 г.

По данным приземного анализа за 1 и 2 июня 2017 г. за 00 часов, представленного в соответствии с рисунком 3, видно, что Саратов находился в тыловой части циклона. Также 2 июня 2017 г. наблюдалось прохождение участка холодного фронта, относящегося к системе арктического фронта.

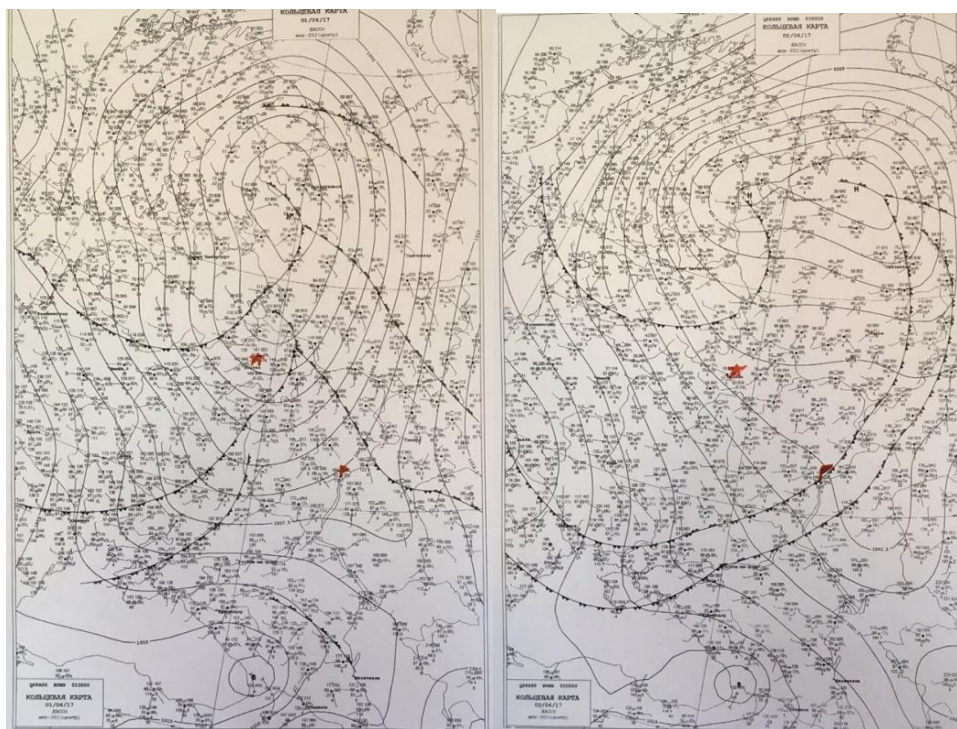


Рисунок 3 – Приземные карты («кольцовки») 1 и 2 июня 2017 г. 00 часов
[15]

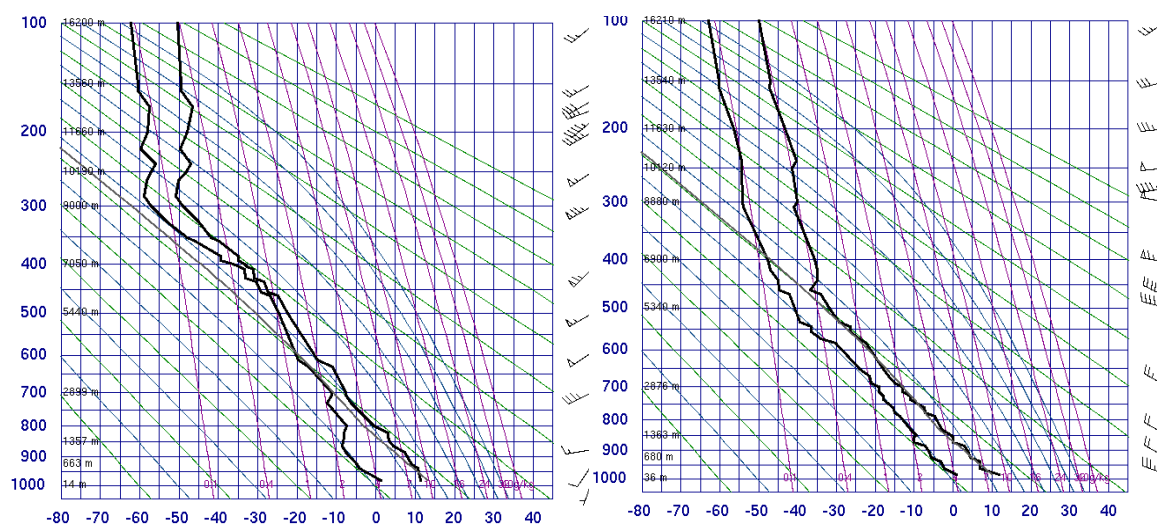


Рисунок 4 – Вертикальные профили температуры воздуха и точки росы 3 июня 2017 г. [14]

В соответствии с рисунком 4 видно, что в полночь вертикальное распределение температуры характеризуется повышением температуры с высотой, за исключением слоя 850 гПа, где наблюдается изотермия. С высоты

примерно 9400 м температура с высотой начинает повышаться, эта величина и является высотой тропопаузы. В 12.00 температура также падает с высотой до уровня 5911 м (высота тропопаузы), затем наблюдается повышение температуры с высотой, либо слабое падение.

Зависимость высоты нижней границы тропопаузы и температуры на уровне тропопаузы.

На основе архивов радиозондирования станции «Саратов» была составлена база данных о характеристиках тропопауз в летний период 2017 г. Информация комплектовалась для каждого дня месяца, срока наблюдения и включала высоту и температуру на уровне тропопаузы. На основе сформированного массива данных были исследованы временные вариации высоты тропопаузы и температуры.

Для станции «Саратов», наиболее высокая тропопауза наблюдалась в августе 2017 г и составила 15400 м с температурой $-59,9^{\circ}\text{C}$, а самая низкая тропопауза была зафиксирована в июне 2017 г. на высоте 5911 м с температурой $-36,7^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, можно заметить, что высота тропопаузы, ее максимальное и минимальное значение в летний период существенно зависят от географического положения аэрологической станции и рассматриваемого периода времени. В летний период амплитуда колебаний высоты тропопаузы может достигать 7 км и более. Увеличение или уменьшение толщины тропосферы и высота тропопаузы летом, возможно, зависят от интенсивного вертикального обмена, который, в свою очередь, связан с притоком солнечной радиации к земной поверхности, увеличивая турбулентный обмен до больших высот. При оценке изменения высоты тропопаузы необходимо учитывать и другие факторы. К примеру, повышение тропопаузы может быть вызвано похолоданием в нижней стратосфере. Стоит отметить, что изменчивость температуры в течение летнего периода существенно зависит не только от физико-географических условий станции, но и от высоты нижнего уровня тропопаузы.

На основе сопоставления характеристик тропопаузы для станции «Саратов» были построены корреляционные диаграммы взаимосвязи температуры и высоты тропопаузы. По оси абсцисс отложено значение температуры, а по оси ординат – высота нижних границ тропопауз.

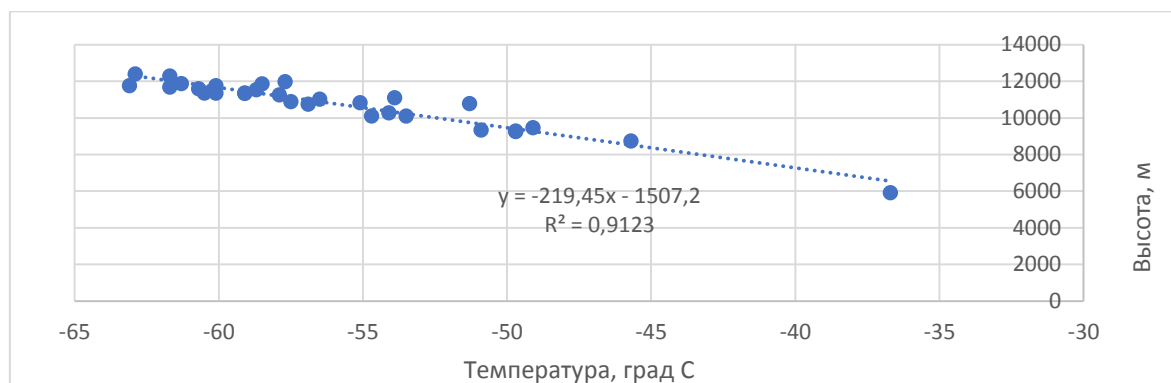


Рисунок 5 – Связь высоты тропопаузы и температуры на ее уровне летом 2017 г (составлено автором)

Как видно из рисунка 5, рассеяние точек на корреляционных диаграммах довольно велико. Следует отметить, что это рассеяние отражает все возможные факторы, о которых говорилось выше. Тем не менее коэффициенты линейной корреляции взаимосвязи температуры и высоты тропопаузы достаточно высоки.

В ходе анализа данных радиозондирования найдены эмпирические уравнения взаимосвязи средние для летнего сезона 2017 г. В зависимости от особенностей распределения температуры в тропосфере, вертикального градиента температуры и значений высоты нижней границы тропопаузы температура на ее уровне может сильно варьировать. Чем выше располагается тропопауза, тем ниже значения на ее уровне.

Дистанционное измерение температуры с помощью искусственных спутников Земли. Дистанционное зондирование окружающей среды представляет собой совокупность методов измерения параметров физического

состояния подстилающей поверхности и атмосферы с помощью приборов, расположенных на некотором расстоянии от объектов исследования. Дистанционные исследования-проводятся с различных измерительных платформ: МСЗ, а также с поверхности Земли.

Методы дистанционного зондирования обеспечивают получение данных о температуре на регулярной сетке с высоким пространственным разрешением, с несопоставимо большей детальностью по сравнению с данными нескольких нерегулярно расположенных в городе метеостанций официальных служб.

Определение мощной конвекции по спутниковым данным над Саратовом. На спутниковых снимках хорошо видны мощные кучево-дождевые (Cb) облака, в которых возможны интенсивные грозы. Это позволяет распознавать облачность с грозами по снимкам с полярно-орбитальных и геостационарных спутников. Периодичность съемки облачности с геостационарных спутников, достигающая 15 мин, и доступность этой информации по системе EUMETCast почти в реальном времени сделали карты автоматизированного диагноза гроз полезными для работы руководителей полетов [21].

Цифровая информация о радиационной температуре верхней границы облаков позволяет различать мощные облака, имеющие ледяную фазу, и тонкие более тёплые облака [22].

Для определения случаев образования облаков мощной конвекцией был обработан материал спутниковых данных с сайта <https://kachelmannwetter.com/> по данным дистанционного зондирования с 2016 по 2020 гг. В результате была создана база данных по случаям образования мощной конвекции над Саратовской областью, исключение составляет 2018 год, когда необходимые данные отсутствовали.

В таблице 1 приведены данные о днях, когда наблюдалось образование сильных конвективных потоков над Саратовской областью за исследуемый период.

Таблица 1 – Сводная таблица о количестве дней с мощной конвекцией за исследуемый период (составлено автором)

Год	Месяцы				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2016	9	5	5	8	2
2017	4	7	6	3	5
2019	5	5	7	1	5
2020	10	9	5	4	5

Самое большое количество дней с мощной конвекцией наблюдалось в мае 2020 г. - 10 дней, в июне – 9 дней, в июле и сентябре по 5 дней. Самое меньшее количество дней с мощной конвекцией отмечалось в августе 2020 года. Всего 4 дня.

На рисунках 6 и 7 приведены данные с ИСЗ за 14.07.2020 13.45 по Гринвичу.

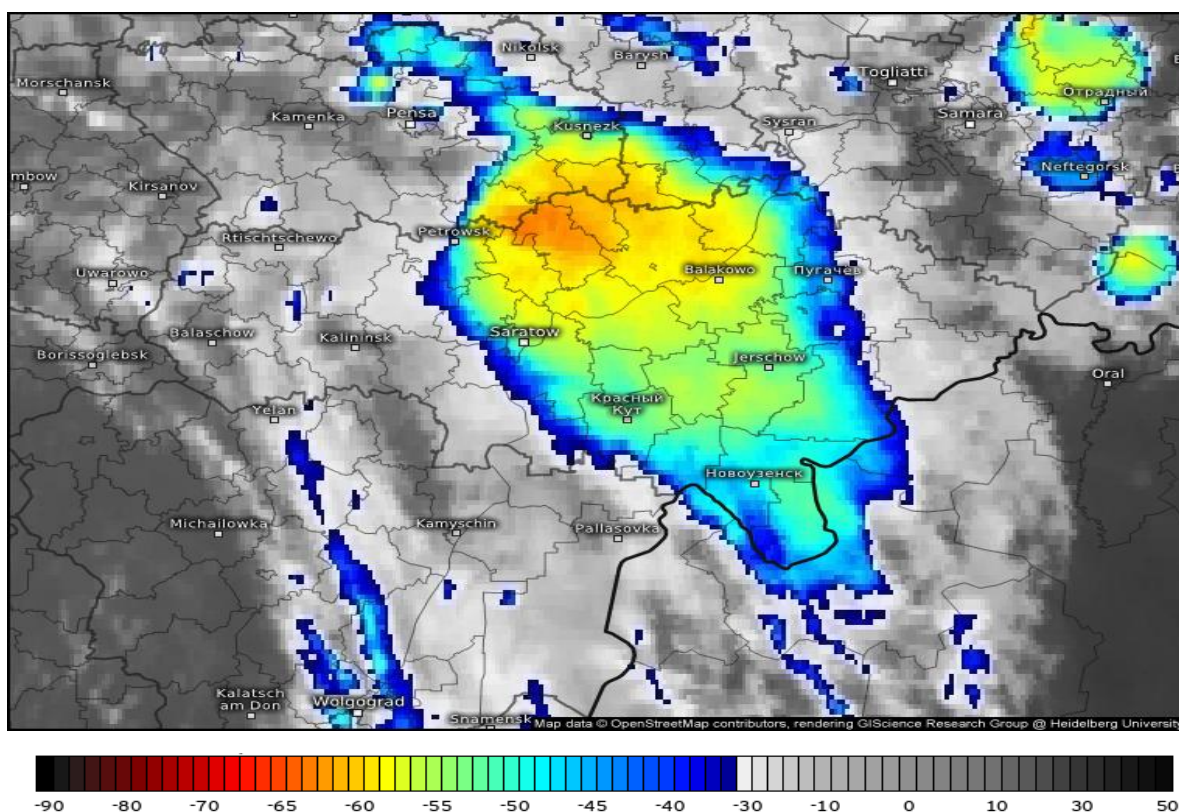


Рисунок 6 - Температура на верхней границе облаков по данным ИСЗ за 14.07.2020 13.45 по Гринвичу [23]

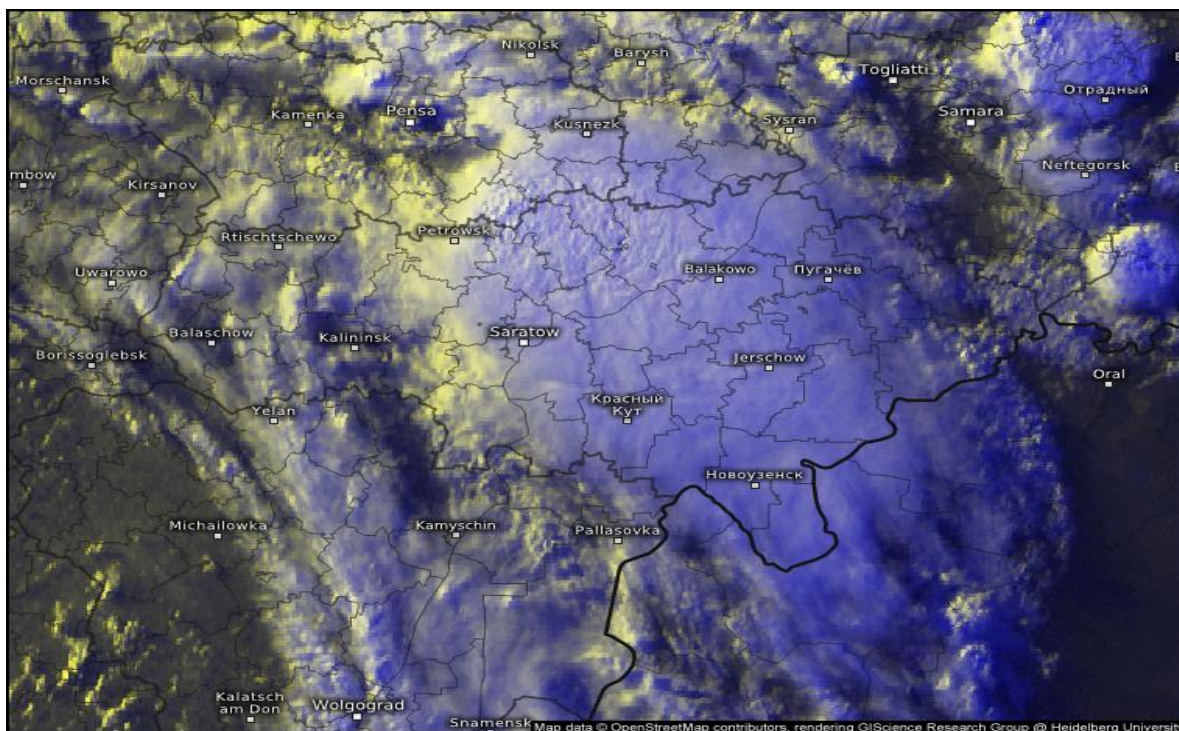


Рисунок 7 – Спутниковый снимок облачности по данным ИСЗ за 14.07.2020 13.45 по Гринвичу [23]

Заключение.

Изучив и выполнив все задачи данной работы, мы смогли определить температурный режим на уровне тропопаузы по данным радиозондирования. В ходе работы было определено распределение температуры в атмосфере с высотой, рассмотрены температурные условия в стратосфере. Так же изучено распределение температуры в атмосфере с высотой.

Было определено, что за период июнь - август 2017 года в г. Саратов минимальная температура составила $-61,7^{\circ}\text{C}$ наблюдалась в течение всех трёх месяцев. Максимальную температуру $-36,7^{\circ}\text{C}$ можно увидеть в июне и августе.

Минимальная высота нижней границы тропопаузы за период июнь – август 2017 года в г. Саратов наблюдается в июне - всего лишь 5911 м. Максимальная высота 16665 м наблюдается в августе.

Таким образом, временная изменчивость температуры на высоте тропопаузы согласуется с изменениями высоты нижней границы тропопаузы и приведенные данные показывают, что чем выше расположена тропопауза, тем ниже значения температуры на ней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

2 Мартенс, Л. К. Техническая энциклопедия: в т.12 / Л. К. Мартенс. М.: Советская энциклопедия, 1936. - 43 с.

6 Гольцман, М. И. Основы методики аэрофизических измерений / М. И. Гольцман. Л.: ГТТИ, 1950. - 300 с.

14 Сайт университета Вайоминг / [Электронный ресурс]: [сайт] -URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (дата обращения: 24.01.2020). - Загл.с экрана. -Яз. англ.

15 Продукция ГВЦ Росгидромета / [Электронный ресурс]: [сайт] -URL: <http://www.mcc.meteorf.ru/production/faksimilnyie-kartyi.html> (дата обращения: 24.01.2020). -Загл.с экрана. -Яз. рус.

21 Бухаров, М.В. Диагноз вероятности гроз по спутниковой информации. / М.В. Бухаров // Метеорология и климатология. -М.: 2013. №8, -С. 5-16.

22 Пищальникова, Е.В. Связь между радиационной температурой на верхней границе облачности и количеством осадков в холодных период года / Пищальникова Е.В. // Географический вестник - М.: 2015. Вып. 1 (32). – С.57-60.

23 Kachelmannwetter / [Электронный ресурс]: [сайт] -URL: <https://kachelmannwetter.com/de/sat/saratow/satellit-hd-15min/20170829-1730z.html> (дата обращения: 24.01.2020). -Загл.с экрана. -Яз. нем.