

УДК 551.524.7

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СТРАТОСФЕРЫ НАД ТОМСКОМ ЗА ПЕРИОД 2012-2015 ГГ ПО ДАННЫМ ЛИДАРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ \***

**В. Н. Маричев, Д. А. Бочковский**

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634055,  
г. Томск, площадь Академика Зуева, 1  
E-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru

В настоящей статье представлены исследования вертикального распределения температуры над Томском, выполненные в возмущенный и спокойный периоды года за 2012-2015 гг. На основании накопленного экспериментального материала установлен ряд особенностей внутригодовой динамики термического режима стратосферы. Так, зимнее стратосферное потепление происходит ежегодно. За указанный период было зарегистрировано два сильных (мажорных) потеплений зим 2009/10 и 2012/13 гг., при которых в верхней атмосфере сменился перенос воздушных масс с западного на восточный, и четыре слабых (минорных) - это зимы 2011/10, 2012/11, 2014/13 и 2015/14 гг. На протяжении многолетних наблюдений показано, что для региона Западной Сибири для длительного периода года апрель - ноябрь в подавляющем большинстве случаев вертикальное распределение температуры хорошо согласуется с модельным распределением CIRA-86.

*Ключевые слова: Лидар, температура, стратосферное потепление*

© Маричев В. Н., Бочковский Д. А., 2018

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-05-00901 и гранта президента РФ МК-4592.2018.8

## Введение

Лидарные исследования термического режима стратосферы над Томском на регулярной основе были начаты в Институте оптики атмосферы СО РАН в 1994г. и продолжаются в настоящее время. Особый интерес в данных исследованиях представляют температурные аномалии, вызванные зимними стратосферными потеплениями (СП). Последние были открыты Шерхагом еще в 1952г., но до сих пор не изучены до конца и их исследования по-прежнему являются актуальными в связи с влиянием на динамику и термическую структуру зимней средней атмосферы [1]. Наиболее интенсивное влияние стратосферных потеплений на динамику вертикального распределения температуры происходит в полярных областях [2],[3],[7],[8] и может распространяться на средние широты [9]. Это было показано также и в наших ранних лидарных наблюдениях над Томском, Якутском и Паратункой (Камчатка) [10], [11],[12],[13],[14]. В предлагаемой статье обсуждаются результаты дальнейшего изучения проявления СП над Томском на лидарном комплексе станции ИОА СО РАН в 2012-2015гг. Измерения вертикального распределения температуры проводилось на основе лидарных методов упругого молекулярного и спонтанного комбинационного рассеяния света (в иностранной литературе принято называть рассеянием Рэлея и Рамана) при лазерном зондировании атмосферы на длине волны 532 нм. С описанием лидарного комплекса, условиями проведения измерений и статистикой наблюдений можно ознакомиться в работе [15].

## Результаты исследования температурных аномалий и перехода к фоновому термическому режиму стратосферы.

### Стратосферное потепление зимы 2011/12 гг.

Результаты измерений вертикального распределения температуры в период зимнего стратосферного потепления 2011/2012 гг. представлены в [[16], декабрь 2011г.] и рис.1.

Потепление началось 26 декабря резким положительным всплеском в протяженной области высот от 30 до 55 км с максимумом до 60К на высотах 40-45 км. Потепление продолжалось оставаться в январе, постепенно убывая к концу 2-ой декады. Наблюдалась достаточно сильная динамика в поведении вертикального распределения температуры (ВРТ), связанная с изменением высоты стратопаузы (опусканием до 30 км), высотной протяженности и интенсивности положительного отклонения. В третьей декаде января происходит разрушение СП. В наблюдениях просматривается идентичность поведения вертикальных профилей температуры, полученных лидаром и спутником «Аура» [18]. В отдельных случаях (графики за 22 и 25 января) отмечается хорошее совпадение лидарных и аэрологических измерений [19]. Согласно данным взятым с сайта Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды [20], СП 2011/12 гг., наблюдаемое над Томском, относилось к минорному типу и не сопровождалось перестройкой циркуляции стратосферы.

После разрушения СП в февраля в начале марта происходит очередной его всплеск [[16], март 2012 г]. Потепление наблюдается в расширенном интервале высот от 20 до 45 км и продолжается в течение первой декады месяца.

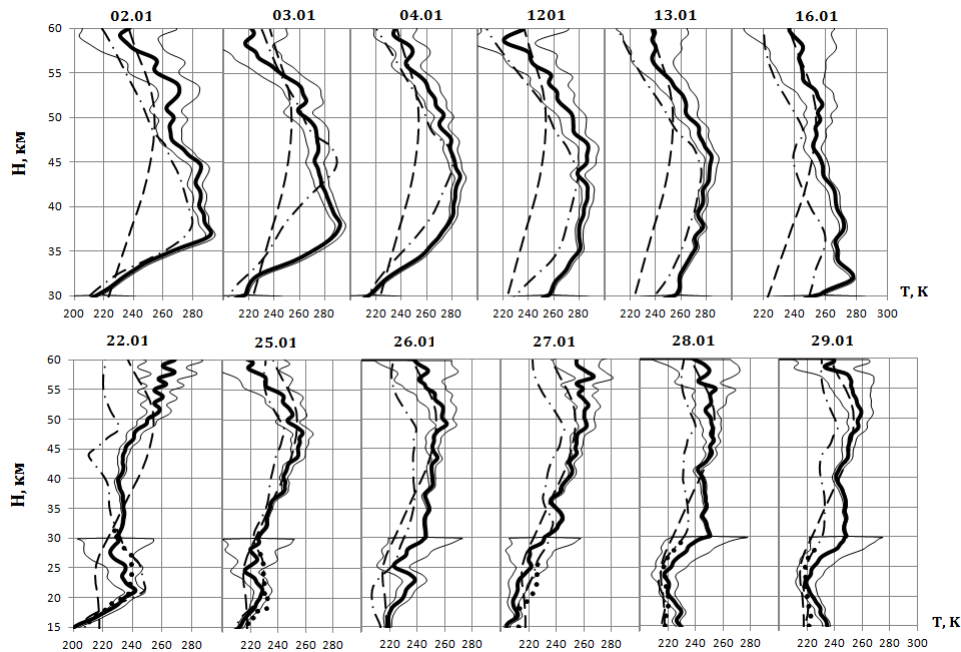


Рис. 1. Проявление и разрушение СП в январе 2012 г. Обозначения: лидарные профили температуры (сплошная жирная кривая) с их стандартным отклонением (сплошная тонкая кривая) и модельные профили CIRA-86 [17] (пунктирная кривая), профили температуры, полученные со спутника «Аура»[18] (штрих пунктирная кривая) и метеозондами г. Новосибирск[19] (кружки)

Максимальная амплитуда достигает 40К на высотах 30-35 км (график за 1 марта). Положительные отклонения температурных профилей от модели были также зарегистрированы в измерениях со спутника "Аура"(графики за 1, 4 и 5 марта). Они были несколько меньше отклонений, полученных из лидарных данных. Разница могла возникнуть из-за разнесенности пространственно-временного масштаба наблюдений. Во второй половине месяца происходит некоторая стабилизация вертикального распределения температуры, что видно из сближения лидарного и модельного профилей температур. Однако в конце месяца происходит очередное возмущение, которое также регистрируется измерениями со спутника «Аура». Спорадически возникают локальные по высоте очаги температурного возмущения в апреле и с убыванием по интенсивности в мае.

Измерения летнего периода [[16], июнь-август 2012г.] показывают, что термический режим стратосферы стабилизируется. Лидарные профили температуры, как и профили «Аура», следуют модельному распределению CIRA-86. Особенно хорошее совпадение всех профилей для наблюдений за июнь отмечается в верхней стратосфере, а за июль - во всем слое стратосферы.

### Стратосферное потепление зимы 2012/13гг.

Результаты лидарных наблюдений СП января 2013 г. приведены на рис.2. Здесь же для сравнения показаны среднемесячный профиль модели CIRA-86 и профили по данным синхронных наблюдений со спутника «Аура».

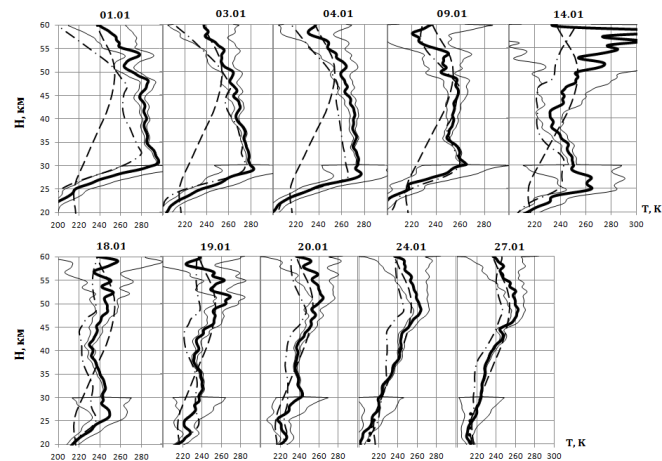


Рис. 2. Лидарные наблюдения стратосферного потепления в январе 2013 г.

Из рис. 2 видно, что стратосферное потепление было замечено вечером 1 января 2013 г. Об этом говорят как лидарные, так и спутниковые наблюдения, которые находятся в хорошем согласии. Появился очаг «теплого» слоя воздуха с максимальным отклонением около 65K на высоте 30км. Поскольку лидарные измерения не всепогодны и невозможны при облачной атмосфере (наблюдения с 26 по 31 декабря не проводились), то отслеживание предшествующего периода до момента обнаружения СП лидаром измерениями спутника «Аура» показало, что его начало пришлось на 25 декабря и СП проявилось в верхней стратосфере на высоте 55 км. Возвратимся опять к лидарным наблюдениям рис.2. Из него отчетливо видно, что максимальное развитие СП приходится на 1 января 2013 г., которое продолжается с некоторым спадом его мощности 3 и 4 января. В последующий период лидарных наблюдений 8-18 января происходит фаза разрушения СП с выраженной динамикой, и остатки СП окончательно исчезают в последней декаде января.

По результатам анализа разрезов скорости зонального ветра [20] выяснено, что СП зимы 2012/13 гг. относилось к мажорному типу, при котором произошло изменение циркуляции воздушных масс в верхней стратосфере над Томском с западного направления на восточное (см. рис. 3).

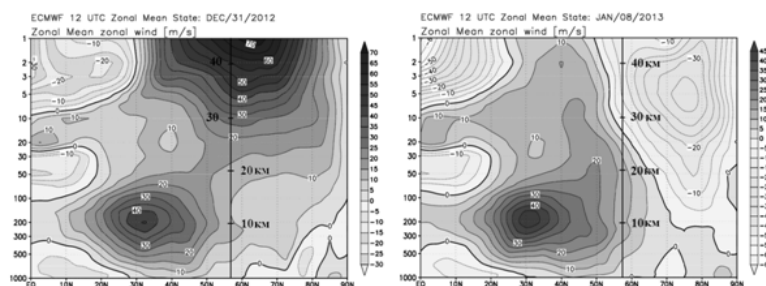


Рис. 3. Последствия проявления СП зимы 2012/13 гг. Произошло мажорное СП, приведшее к перестройки циркуляции верхней стратосферы с западного переноса (темные изолинии) на восточный (светлые изолинии). Высотные разрезы скорости зонального ветра до СП и после представлены на верхнем и нижнем рисунках. Вертикальная линия – широта Томска

## Стратосферное потепление зим 2013/14 и 2014/15 гг.

В отличие от 2013 г., из-за плохих погодных условий (облачность), не удалось проследить особенностей проявления зимнего стратосферного потепления (СП) 2014 г. В декабре 2013 г. было проведено два измерения температурных профилей, в январе 2014 г. – всего одно измерение, и в феврале 2014 г. – четыре. По приведенным датам измерений стратосферное потепление замечено не было. Если обратиться к данным измерений температуры со спутника «Аура» [18], то можно сделать вывод о том, что наблюдаемое над Томском СП происходило в период последней декады декабря и первой января и относилось, в отличие от СП 2013 г., к минорному типу. Потепление наблюдалось на высотах от 45 до 55 км с максимальным положительным отклонением температуры от среднемесячных значений от 25 до 40 К. Выборочные профили температуры с наиболее характерным для месяцев распределением по данным наблюдений за 2014 г. приведены в [[16], февраль-сентябрь 2013 г. ]

В отдельных датах наблюдений января и февраля как по лидарным, так и спутниковым измерениям регистрировалось некоторое потепление с положительной амплитудой до 20К. В марте потепление продолжало усиливаться. Так, 24 и 31 марта оно охватывает область высот от 20 до 45 км, и его максимальное положительное отклонение составляет 40К на высоте 30-35 км. В апреле происходит медленный спад потепления, и в мае (20 и 26 мая) оно практически размывается. В июне - сентябре вертикальное распределение температуры с некоторыми незначительными локальными неоднородностями соответствует среднемесячному модельному распределению. Очередное возмущение термического состояния стратосферы было замечено во второй декаде ноября.

Стратосферное потепление зимы 2014/15 гг. отличалось довольно длительным периодом. По лидарным наблюдениям его начало было зарегистрировано 10 ноября 2014 г. (см. рис.4).

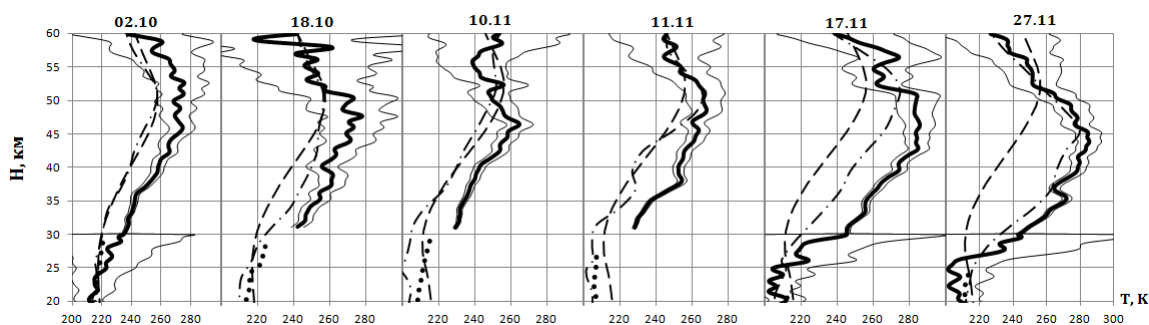


Рис. 4. Вертикальные профили температуры, полученные над Томском из лидарных и спутниковых измерений в октябре-ноябре 2014 г.

Наибольшего развития СП достигло 27 ноября, которое охватило интервал высот от 30 до 55 км с максимальным положительным отклонением температуры от ее среднемесячного значения до 60К на высоте 35 км. Данное потепление также было замечено с несколько меньшими положительными отклонениями температуры в наблюдениях спутника «Аура».

В декабре как из лидарных, так в спутниковых наблюдениях, стратосферное потепление было замечено в начале (03.12.14) и конце (24.12.14) месяца в аналогичном интервале высот 30-55 км (рис.5).

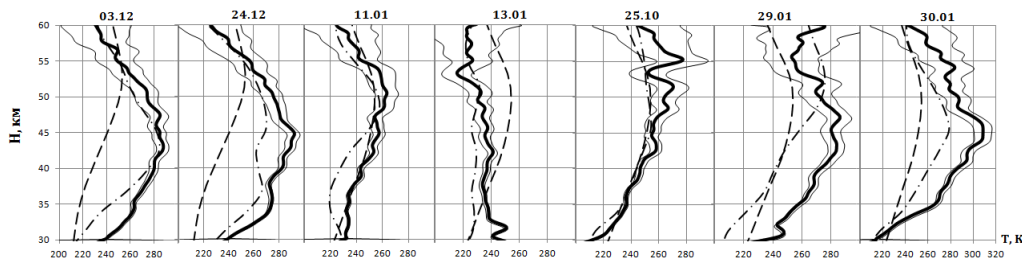


Рис. 5. Лидарные и спутниковые наблюдения проявления стратосферного потепления в декабре 2014 г. и январе 2015 г.

Следующее СП началось в конце января 2015 г. и продолжалось до конца второй декады февраля [[16], февраль 2015 г.]. Согласно лидарным и спутниковым данным, пик развития СП пришелся на начало февраля. Потепление охватило обширную область высот от 20-30 до 50 км. Максимальное положительно отклонение температуры превышало 65K на высотах 40-45 км (05.02.15). Это было одно из самых длительных СП, зарегистрированных в лидарных наблюдениях над Томском, начиная с 1996 г., которое продолжалось почти месяц.

Наблюдаемое СП 2014-15 гг. относилось к минорному типу, когда в стратосфере не происходило изменения направления переноса воздушных масс от западного к восточному, на что указывает данные, взятые с сайта Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды [20] для всех дат лидарных наблюдений.

Несмотря на минорный тип потепления, его последствия носили затяжной характер. Следы СП в виде протяженного слоя от 20-25 до 50 км продолжали устойчиво наблюдаться в марте и с некоторым спадом по интенсивности в апреле [[16], март-апрель 2015г.]. Релаксация ВРТ началась только в мае и окончательно закончилась в июне. В период июнь - август наблюдалось стабильное вертикальное распределение температуры, соответствующее среднемесячному модельному. Очередные аномалии термического режима стратосферы в виде положительных сдвигов профилей температуры по отношению к модельному в нижней стратосфере начали проявляться в сентябре.

## Заключение

На основании накопленного экспериментального материала, полученного по результатам лидарного зондирования атмосферы над Томском за период 2011-15 гг, а также за предшествующий период 2008-2011 гг. [12, 13], установлен ряд особенностей внутригодовой динамики термического режима стратосферы.

Так, зимнее стратосферное потепление происходит ежегодно. За указанный период было зарегистрировано два сильных (мажорных) потеплений зим 2009/10 и 2012/13 гг., при которых в верхней атмосфере сменился перенос воздушных масс с западного на восточный, и четыре слабых (минорных) - это зимы 2011/10, 2012/11, 2014/13 и 2015/14 гг. Из всех СП следует выделить два. Первое - это СП зимы 2009/10 года, как самое мощное стратосферное потепление, отмеченное за весь опыт лидарных наблюдений над Томском с 1996г. Оно началось в 20-х числах января и завершилось в конце февраля. В фазе развития данного СП температура в отдельные ночи в стратосфере поднималась до +35 С, а уровень стратосферы опускался до 37-38км. Почти до конца января характерным для профиля температуры была

структура с положительной полувошной в стратосфере и отрицательной в мезосфере. Таким образом, процесс похолодания в мезосфере сопровождался потеплением в стратосфере. В фазе разрушения СП, длящейся с конца января и весь февраль, уровень стратопаузы падал до рекордно низких высот 25 км.

Второе - СП зимы 2015/14 г. как самое длительное потепление, которое началось в первых числах ноября, максимумы его развития регистрировались в ноябре, январе и феврале с положительными амплитудами 40-55К. Спад начался в марте и окончательная фаза разрушения произошла в апреле. Высота стратопаузы не опускалась ниже 40 км. Примечателен факт, что по высотной протяженности СП охватывал весь слой стратосферы.

На протяжении многолетних наблюдений показано, что для региона Западной Сибири для длительного периода года апрель - ноябрь в подавляющем большинстве случаев вертикальное распределение температуры хорошо согласуется с модельным распределением CIRA-86.

## Список литературы

- [1] Barnett J. J., Labitzke K., "Planetary waves", *Handbook for MAP*, **16**, 1985, 138-143.
- [2] Хромов С. П., Мамонтова Л. И., *Метеорологический словарь*, Гидрометеиздат. [Hromov S. P., Mamontova L. I., *Meteorologicheskij slovar'*, Gidrometeoizdat].
- [3] *Атмосфера. Справочник*, Гидрометеиздат. [ *Atmosfera. Spravochnik*, Gidrometeoizdat].
- [4] Matsuno T., "A dynamical model of stratospheric sudden warming", *J. Atmos. Sci.*, **28** (1971), 1479-1494.
- [5] Pal S. R., Carswell A. I., Bird J., Donovan D. P., Duck T. J., Whiteway J. A., "Lidar measurements of the stratosphere at the Eureka and Toronto NDSC stations", *Proceedings of SPIE*, **2833**, 28-39.
- [6] Whiteway J. A., Duck T. J., Carswell A. I., "Measurements of gravity wave activity within and around the Arctic stratospheric vortex.", *Geophys. Res. Lett.*, **24** (1997), 1387-1390.
- [7] Кокина Г. А., Гайгеров С. С., *Метеорология верхней атмосферы земли*, Гидрометеиздат, 1981. [Kokina G. A., Gajgerov S. S., *Meteorologiya verhnjej atmosfery zemli*, Gidrometeoizdat, 1981].
- [8] Холтон Дж. Р., *Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы*, Гидрометеиздат, 1979. [Holton Dzh. R., *Dinamicheskaya meteorologiya stratosfery i mezosfery*, Gidrometeoizdat, 1979].
- [9] Гайгеров С. С., Жорова Э. Д., "Термический режим и циркуляция в средней атмосфере.", *Метеорология и гидрология.*, **7** (1986), 5-10. [Gajgerov S. S., Zhorova E. D., "Termicheskij rezhim i cirkulyaciya v srednej atmosfere.", *Meteorologiya i gidrologiya.*, **7** (1986), 5-10].
- [10] Маричев В. Н., "Лидарные наблюдения зимних стратосферных потеплений над Томском в 1996-2000 гг", *Метеорология и гидрология*, **8** (2001), 41-48. [Marichev V. N., "Lidarnye nablyudeniya zimnih stratosfernnyh poteplenij nad Tomskom v 1996-2000 gg", *Meteorologiya i gidrologiya*, **8** (2001), 41-48].
- [11] Куркин В. И., Черниговская М. А., Маричев В. Н., Николашкин С. В., Бычков В. В., "Особенности проявления зимних внезапных стратосферных потеплений в период 2008-2010 гг. над регионами Сибири и Дальнего Востока России по данным лидарных и спутниковым измерений температуры.", *Солнечно-земная физика*, **17** (2011), 166-173. [Kurkin V. I., Chernigovskaya M. A., Marichev V. N., Nikolashkin S. V., Bychkov V. V., "Osobennosti proyavleniya zimnih vnezapnyh stratosfernnyh poteplenij v period 2008-2010gg. nad regionami Sibiri i Dal'nego Vostoka Rossii po dannym lidarnyh i sputnikovym izmerenij temperatury.", *Solnechno-zemnaya fizika*, **17** (2011), 166-173].
- [12] Маричев В. Н., "Лидарные исследования проявления стратосферных потеплений над Томском в 2008-2010 гг.", *Оптика атмосферы и океана*, **24:5** (2011), 386-391. [Marichev V. N., "Lidarnye issledovaniya proyavleniya stratosfernnyh poteplenij nad Tomskom v 2008-2010 gg.", *Optika atmosfery i okeana*, **24:5** (2011), 386-391].

- [13] Маричев В. Н., “Исследование особенностей проявления зимних стратосферных потеплений над Томском по данным лидарных измерений температуры в 2010-2011 гг.”, *Оптика атмосферы и океана*, **24**:12 (2011), 1041-1046. [Marichev V. N., “Issledovanie osobennostej proyavleniya zimnih stratosfernnyh poteplenij nad Tomskom po dannym lidarnykh izmerenij temperatury v 2010-2011 gg.”, *Optika atmosfery i okeana*, **24**:12 (2011), 1041-1046].
- [14] Николашкин С. В., Титов С. В., Маричев В. Н., Бычков В. В., Куркин В. И., Черниговская М. А., Непомнящий Ю. А., “Лидарные исследования поведения внезапных зимних стратосферных потеплений на территории Сибири и Дальнего Востока.”, *Наука и образование*, **69**:01 (2013), 10-17. [Nikolashkin S. V., Titov S. V., Marichev V. N., Bychkov V. V., Kurkin V. I., Chernigovskaya M. A., Nepomnyashchij YU. A., “Lidarnye issledovaniya povedeniya vnezapnykh zimnih stratosfernnyh poteplenij na territorii Sibiri i Dal'nego Vostoka.”, *Nauka i obrazovanie*, **69**:01 (2013), 10-17].
- [15] Маричев В. Н., Бочковский Д. А., “Лидарные исследования термического режима стратосферы над Томском за 2012–2015 гг.”, *Оптика атмосферы и океана*, **31**:01 (2018), 28–37. [Marichev V. N., Bochkovskij D. A., “Lidarnye issledovaniya termicheskogo rezhima stratosfery nad Tomskom za 2012–2015 gg.”, *Optika atmosfery i okeana*, **31**:01 (2018), 28–37].
- [16] URL:<http://sky.iao.ru/?content=msvza> (last access:9.03.2017)
- [17] Rees D., Barnett J. J., Labitske K., “COSPAR International Reference Atmosphere: 1986. Part II, Middle Atmosphere Models”, **10**:12 (1990), 525.
- [18] <http://mirador.gsfc.nasa.gov>
- [19] <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- [20] <http://users.met.fu-berlin.de>

## Список литературы (ГОСТ)

- [1] Barnett J. J., Labitzke K. Planetary waves. Handbook for MAP. 1985. vol. 16. pp. 138-143.
- [2] Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь: Гидрометеоиздат. 568 с.
- [3] Атмосфера. Справочник: Гидрометеоиздат. 510 с.
- [4] Matsuno T. A dynamical model of stratospheric sudden warming // J. Atmos. Sci. 1971. vol. 28. pp. 1479–1494.
- [5] Pal S. R., Carswell A. I., Bird J., Donovan D. P., Duck T. J., Whiteway J. A. Lidar measurements of the stratosphere at the Eureka and Toronto NDSC stations // Proceedings of SPIE. vol. 2833. pp. 28-39.
- [6] Whiteway J. A., Duck T. J., Carswell A. I. Measurements of gravity wave activity within and around the Arctic stratospheric vortex // Geophys. Res. Lett. 1997. vol. 24. pp. 1387-1390.
- [7] Кокина Г. А., Гайгеров С. С. Метеорология верхней атмосферы земли: Гидрометеоиздат, 1981. 270 с.
- [8] Холтон Дж. Р. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы: Гидрометеоиздат, 1979. 224 с.
- [9] Гайгеров С. С., Жорова Э. Д. Термический режим и циркуляция в средней атмосфере // Метеорология и гидрология. 1986. №. 7. С. 5-10.
- [10] Маричев В. Н. Лидарные наблюдения зимних стратосферных потеплений над Томском в 1996-2000 гг // Метеорология и гидрология. 2001. № 8. С. 41-48.
- [11] Куркин В. И., Черниговская М. А., Маричев В. Н., Николашкин С. В., Бычков В. В. Особенности проявления зимних внезапных стратосферных потеплений в период 2008-2010 гг. над регионами Сибири и Дальнего Востока России по данным лидарных и спутниковым измерений температуры // Солнечно-земная физика. 2011. Т. 17. С. 166-173.
- [12] Маричев В. Н. Лидарные исследования проявления стратосферных потеплений над Томском в 2008-2010 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. №5. С. 386-391.



- [13] Маричев В. Н. Исследование особенностей проявления зимних стратосферных потеплений над Томском по данным лидарных измерений температуры в 2010-2011 гг. // *Оптика атмосферы и океана*. 2011. Т. 24. №12. С. 1041-1046.
- [14] Николашкин С. В., Титов С. В., Маричев В. Н., Бычков В. В., Куркин В. И., Черниговская М. А., Непомнящий Ю. А. Лидарные исследования поведения внезапных зимних стратосферных потеплений на территории Сибири и Дальнего Востока // *Наука и образование*. 2013. Т. 69. №1. С. 10-17.
- [15] Маричев В. Н., Бочковский Д. А. Лидарные исследования термического режима стратосферы над Томском за 2012–2015 гг // *Оптика атмосферы и океана*. 2018. Т. 31. № 1. С. 28–37.
- [16] URL: <http://sky.iao.ru/?content=msvza> (last access: 9.03.2017)
- [17] Rees D., Barnett J. J., Labitske K. COSPAR International Reference Atmosphere: 1986. Part II, Middle Atmosphere Models // *Adv. Space Res.* 1990. vol. 10. no. 12
- [18] URL: <http://mirador.gsfc.nasa.gov>
- [19] URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- [20] URL: <http://users.met.fu-berlin.de>

**Для цитирования:** Маричев В. Н., Бочковский Д. А. Исследования термического режима стратосферы над Томском за период 2012-2015 гг. По данным лидарных наблюдений // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2018. № 5(25). С. 24-33. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-25-5-24-33

**For citation:** Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Researches of the thermal regime of stratosphere over Tomsk for the period 2012-2015. According to lidar observations, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2018, **25**: 5, 24-33. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-25-5-24-33

Поступила в редакцию / Original article submitted: 12.12.2018

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-25-5-24-33

MSC 78A10

## **RESEARCHES OF THE THERMAL REGIME OF STRATOSPHERE OVER TOMSK FOR THE PERIOD 2012-2015. ACCORDING TO LIDAR OBSERVATIONS<sup>1</sup>**

**V. N. Marichev, D. A. Bochkovsky**

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (IAO SB RAS), 634055, Tomsk, 1, Academician Zuev square, Russia

E-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru

This article presents a study of the vertical temperature distribution over Tomsk, carried out in disturbed and calm periods of the year for 2012-2015. Based on the accumulated experimental material, a number of features of the intra-annual dynamics of the stratospheric thermal regime were established. So, winter stratospheric warming occurs annually. During this period, two strong (major) warmings of the winters of 2009/10 and 2012/13 were recorded, during which the transfer of air masses from the western to the eastern in the upper atmosphere, and four weak (minor) airflows, were winters 2011/10, 2012 / 11, 2014/13 and 2015/14 Over many years of observations, it has been shown that for the region of Western Siberia for a long period of the year April-November, in the overwhelming majority of cases, the vertical temperature distribution is in good agreement with the model CIRA-86 distribution.

*Key words: lidar, vertical temperature distribution, stratospheric warming.*

© Marichev V. N., Bochkovsky D. A., 2018

---

<sup>1</sup>The work was done with the financial support of the RFBR grant No. 16-05-00901 and the grant of the President of the Russian Federation, MK-4592.2018.8