

УДК 550.388

**КОММЕНТАРИИ К СТАТЬЕ А.Д. ДАНИЛОВА
“ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ
И ИОНОСФЕРЕ (Обзор)”**

© 2013 г. Г. С. Голицын, А. И. Семенов, Н. Н. Шефов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва

e-mail: anasemenov@yandex.ru

Поступила в редакцию 16.07.2012 г.

DOI: 10.7868/S0016794013030073

В третьем номере журнала “Геомагнетизм и аэрономия” [2012 г.] была опубликована статья А.Д. Данилова “Долговременные тренды в верхней атмосфере и ионосфере (обзор)”, в которой содержатся ничем не подкрепленные утверждения, ставящие под сомнение результаты многолетних исследований сотрудников Института физики атмосферы РАН, Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Центральной аэрологической обсерватории Росгидромет, Абастуманской астрофизической обсерватории. В связи с этим, мы считаем необходимым публикацию данных Комментариев.

В обзоре А.Д. Данилова представлены его суждения о концепции охлаждения и оседании средней и верхней атмосферы. По его словам, эта концепция “...как она обсуждается сейчас в мировой научной литературе была сформулирована в статье [Laštovička et al., 2008]”. Затем он добавляет: “Однако, за десять лет до этого концепция с точно таким же названием “Оседание и охлаждение верхней атмосферы” была предложена группой российских ученых под руководством академика Г.С. Голицына”. Далее следует заявление, зачеркивающее наш приоритет “...что предложенная концепция базировалась на ошибочных данных”. Такое утверждение необходимо подтверждать ссылками на литературные источники, либо на обоснованные авторские оценки. Они, однако, отсутствуют. Необходимо отметить, что данные, объявленные Даниловым ошибочными, активно используются в отечественных геофизических исследованиях и в совместных работах с зарубежными учеными [Beig et al., 2003; Offermann et al., 2002], неоднократно докладывались и обсуждались на международных конференциях (в том числе COSPAR, EGU, IAGA) и в рабочих группах (например, NDMC). Результаты сов-

местных исследований по трендам в мезопаузе, отмечены в 2005 г. Международной премией Всемирной Метеорологической Организации им. Норбера Жеррье-МУММ.

В нашей стране регулярные измерения температуры верхней атмосферы проводятся с 1955 г. В результате создан не имеющий аналогов в мире архив данных о температуре мезопаузы. Использование этих данных позволило получить ряд важных геофизических результатов, снискавших международное признание – оптический метод регистрации внутренних гравитационных волн в верхней атмосфере [Krassovsky, 1957], композиционные волны [Shefov, 1969], эмпирические модели вариаций характеристик различных атмосферных эмиссий, которые дали возможность учитывать закономерности этих вариаций при анализе многолетних изменений температуры [Golitsyn et al., 1996; Khomich et al., 2008].

Произвольны также выводы Данилова о ракетных измерениях: “...как оказалось позже, нельзя было использовать выше 50 км из-за того, что в разные периоды вносились различные поправки в исходные данные для получения T ”. Следует заметить, что во Франции специально была проведена совместная (специалисты Центральной аэрологической обсерватории Росгидромет, Института физики атмосферы РАН и Службы Аэрономии (Франция)) работа по анализу данных ракетных и лидарных измерений температуры средней атмосферы, чтобы оценить и исключить при анализе многолетних изменений температуры на разных высотах все возможные причины (смена датчиков, солнечная активность, время измерения и т.д.), влияющих на точность выводов о высотном поведении температуры [Kubicki et al., 2008]. Эти работы позволили сделать заключение

о применимости данных ракетных измерений до высот 70–75 км.

Впервые выполненные на основе данных наблюдений температуры по эмиссии ОН, охватывающих период с 1955 по 1995 гг., оценки многолетнего изменения температуры на высотах мезопаузы (высота излучающего слоя молекулы гидроксила — 87 км) выявили уменьшение ее в течение второй половины XX-го века. При этом, характер многолетних изменений имел зависимость от сезона года. Используя линейное приближение для интерполяции данных измерений, было выявлено многолетнее уменьшение зимней температуры атмосферы в области мезопаузы за период 1955–1995 гг., скорость которого составила $\sim -0.7 \text{ K} \cdot \text{год}^{-1}$ [Golitsyn et al., 1996; Семенов и др., 2000]. Дальнейшее расширение временного ряда данных о температуре до 2011 г. и его анализ привел к выводу о нелинейности изменения температуры в течение всего периода 1955–2011 гг. [Khomich et al., 2008; Семенов и Шефов, 2011]. Это привело к тому, что, начиная с 1985 и по 2011 г., значение тренда, сохраняя отрицательные значения, по абсолютной величине было значительно меньше предшествующего значения. В настоящее время тренд близок к нулю. Об этом неоднократно публиковалось [Khomich et al., 2008] и докладывалось на сессиях NDMC (Net for the Detection of Mesopause Change, Германия). Регулярные измерения температуры по ОН за рубежом начались практически с середины 1980-х годов, например, [Offermann and Graef, 1992; Reisin and Scheer, 2002]. Поэтому зарубежные исследователи, имеющие более короткие временные ряды наблюдений, охватывающие в основном последние 20–25 лет, приводят сведения о практическом отсутствии тренда за этот период [Laštovička et al., 2008]. Но эти результаты хорошо согласуются с выявленной нами тенденцией нелинейного характера изменения температуры атмосферы на высотах мезопаузы за последние ~60 лет.

На основе данных наблюдений за период 1955–1995 гг. нами было предположено, что вследствие многолетнего систематического уменьшения температуры средней и верхней атмосферы за рассматриваемый период (1955–1995 гг.), должно происходить и уменьшение ее общей концентрации на различных высотах. Полученные высотные профили температуры показали понижение высот, имеющих постоянное значение температуры, что указывало на постепенное оседание средней и верхней атмосферы за рассматриваемый период [Семенов, 2000]. Под оседанием понимается по-

нижение высот слоев атмосферы, имеющих определенные значения плотности.

Использование данных измерений температуры и плотности средней и верхней атмосферы различными методами позволило установить, что на протяжении рассматриваемого периода (~40 лет) происходило систематическое оседание всей верхней атмосферы [Семенов и Шефов, 2011], причем, логарифм скорости оседания линейно растет с логарифмом высоты в интервале от 80 до 500 км. При этом обнаружено согласие данных измерений, полученных различными методами.

Таким образом, все вышесказанное подтверждает, что утверждение Данилова [2012] об ошибочности данных спектрофотометрических измерений не соответствует действительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Данилов А.Д. Долговременные тренды в верхней атмосфере и ионосфере (обзор) // Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 52. № 3. С. 291–312. 2012.
- Семенов А.И., Шефов Н.Н., Гивишвили Г.В., Лещенко Л.Н., Лысенко Е.В., Русина В.Я., Фишкова Л.М., Марцваладзе Н.М., Торошелидзе Т.И., Кащеев Б.Л., Олейников А.Н. Сезонные особенности многолетних трендов температуры средней атмосферы // Докл. АН. Т. 374. № 6. С. 816–819. 2000.
- Семенов А.И., Шефов Н.Н. Излучение верхней атмосферы — чувствительный индикатор солнечно-земных процессов. Итоги за 60 лет (Обзор) // Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 51. № 4. С. 435–449. 2011.
- Beig G., Keckhut P., Lowe R.P., Roble R., Mlyneczek M.G., Scheer J., Fomichev V., Offermann D., French W.J.R., Shepherd M.G., Semenov A.I., Remsberg E., She C.Y., Luebken F.J., Bremer J., Clemesha B.R., Stegman J., Sigernes F., Fadnavis S. Review of mesospheric temperature trends // Rev. Geophys. V. 41. № 4. 1015, doi: 10.1029/2002RG000121, 2003.
- Golitsyn G.S., Semenov A.I., Shefov N.N., Fishkova L.M., Lysenko E.V., Perov S.P. Long-term temperature in the middle and upper atmosphere // Geophys. Res. Lett. V. 23. № 14. P. 1741–1744. 1996.
- Khomich V.Yu., Semenov A.I., Shefov N.N. Airglow as an indicator of upper atmospheric structure and dynamics / Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 739 p. 2008.
- Krassovsky V.I. Nature of the intensity variations of the terrestrial atmosphere emission // Mém. Soc. Roy. Sci. Liège. V. 18. № 1. P. 58–67. 1957.
- Kubicki A., Keckhut P., Chanin M.-L., Hauchecorne A., Lysenko E., Golitsyn G.S. Temperature trends in the middle atmosphere as seen by historical Russian rocket launches: Part 2, Heiss Island (80.6° N, 58° E) // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. V. 70. № 1. P. 145–155. 2008.
- Laštovička J. Akmaev R.A., Beig G. et al. Emerging pattern of global change in the upper atmosphere and ion-

- osphere // Ann. Geophys. V. 26. № 5. P. 1255–1268. 2008.
- *Offermann D., Graef H.* Messungen der OH* – Temperatur // Promet. V. 22. № 2–4. S. 125–128. 1992.
 - *Offermann D., Donner M., Semenov A.I.* Hydroxyl temperatures: variability and trends // We-Heraeus Seminar on trends in the upper atmosphere. Kühlungsborn, Germany, P. 38. 2002.
 - *Reisin E.R., Scheer J.* Searching for trends in mesopause region airglow intensities and temperatures at El Leoncito // Phys. Chem. Earth. V. 27. № 6–8. P. 563–569. 2002.
 - *Semenov A.I.* Long-term temperature trends for different seasons by hydroxyl emission // Phys. Chem. Earth. Pt B. V. 25. № 5–6. P. 525–529. 2000.
 - *Shefov N.N.* Hydroxyl emission of the upper atmosphere. I. Behaviour during solar cycle, seasons and geomagnetic disturbances // Planet. Space Sci. V. 17. № 5. P. 797–813. 1969.
 - World Meteorological Organization. Norbert Gerbier – MUMM International Award for 2005 for the paper “Review of Mesospheric Temperature Trends” (Reviews of Geophysics, 4/(2003) 1-41).