

DOI: 10.25702/KSC.2588-0039.2019.42.126-129

СТАТИСТИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЦИИ В АТМОСФЕРЕ НА ВЫСОТАХ РЕЙСОВЫХ САМОЛЕТОВ В 2017-2018 ГОДАХ

Б.В. Козелов

ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Апатиты, Россия

Аннотация. В докладе анализируются результаты измерения радиации на высотах рейсовых самолетов, проведенные в 2017-2018 гг на трассах Мурманск (Апатиты)-Москва (Ст.Петербург), Осло-Тромсё-Лонгир и др. Измерения проводились дозиметром радиации Atom Simple для смартфона/планшета, изготовленным НПП КБ «Радар» на основе счётчика Гейгера СБМ-20 [<https://kbradar.org/p68397049-dozimetr-radiatsii-atom.html>]. Дозиметр чувствителен к бета (от 300 кэВ), гамма и рентгеновскому (30 кэВ - 3 МэВ) излучению. Использовалось стандартное приложение AtomSimple для привязки к географическому положению и информация о высоте полета самолетов с ресурса Flightradar24 [<https://www.flightradar24.com>]. Обсуждаются зависимости от высоты, широты, тренды и возможность выделения сигнала от вариаций космических лучей на высотах рейсовых самолетов.

Введение

Атмосфера Земли подвергается непрерывному внешнему воздействию излучений различного происхождения: космических лучей галактического и солнечного происхождения, энергичных частиц магнитосферного происхождения, электромагнитных волн различного диапазона. Вблизи поверхности Земли также сказывается влияние радиоактивность горных пород, электрическая активность в тропосфере и т.п. Для значительной части этих излучений атмосфера является эффективным поглотителем, тем не менее, вариации космических лучей регистрируются на поверхности Земли.

На высотах полетов гражданской авиации (6-12 км) радиационный фон значительно превышает значения на уровне моря, что можно зарегистрировать простыми приборами, основной вклад в этом случае дают частицы вторичного каскада космических лучей (см. Рис. 1), а также рентгеновское излучение электронов магнитосферного происхождения [Лазутин, 1979]. Радиационное воздействие космических лучей на экипаж и пассажиров при трансполярных перелетах считается одним из факторов риска при обсуждении космической погоды (см. Рис. 2).

В данной работе обсуждаются данные измерений радиации во время 40 рейсовых перелетов с помощью прибора на основе счётчика Гейгера и возможности выделения сигнала от пространственных и временных вариаций космических лучей.

Данные

Измерения проводились дозиметром радиации Atom Simple, изготовленным НПП КБ «Радар» на основе счётчика Гейгера СБМ-20 (<https://kbradar.org/p68397049-dozimetr-radiatsii-atom.html>), подключенным к смартфону. Дозиметр, согласно описанию, приведенному производителем, чувствителен к бета- (от 300 кэВ), гамма- и рентгеновскому (30 кэВ - 3 МэВ) излучению. При измерении внутри корпуса самолета бета-излучение, скорее всего, полностью экранируется. Использовалось стандартное приложение AtomSimple в режиме измерения с накоплением статистики 1-2 минуты для привязки ко времени и географическому положению. Информация о высоте полета самолета после окончания рейса получалась с ресурса Flightradar24 (<https://www.flightradar24.com>).

Скорость счета дозиметра в прилагаемой к нему программе приводится в микрорентгенах в час (мкР/час). Типичные показания прибора у поверхности Земли на уровне моря в среднем 10 мкР/час. Для удобства

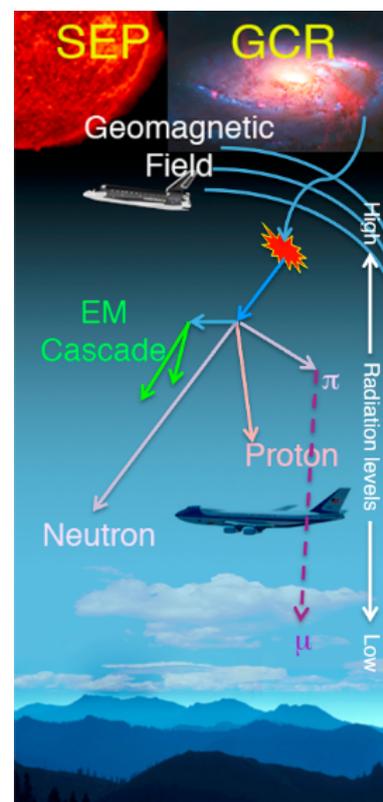


Рисунок 1. Источники радиации в атмосфере Земли, из [Tobiska et al., 2015].

сравнения далее будем нормировать показания к этому значению, т.е. будем обсуждать относительное превышение радиационного фона над значением на уровне моря, как на Рис. 2.

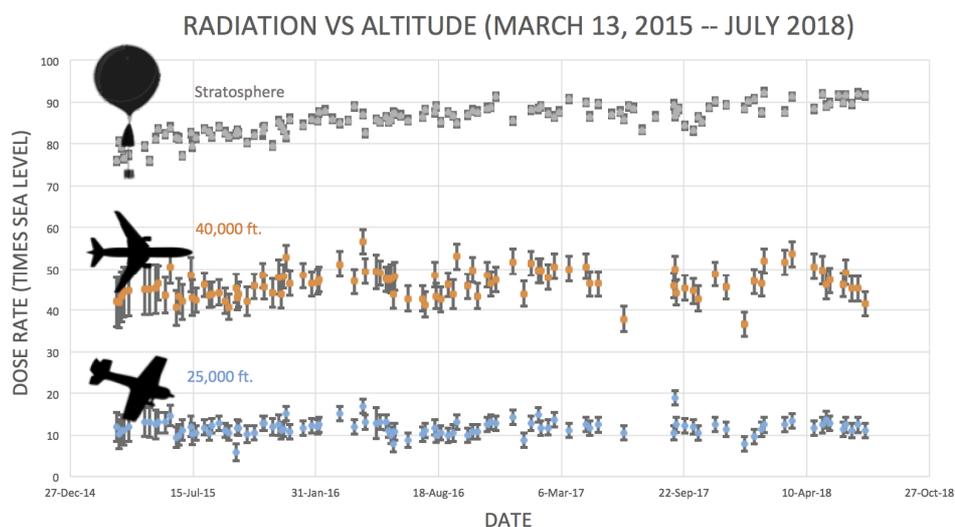


Рисунок 2. Превышение дозы радиации на типичных высотах в атмосфере над фоновой радиацией на уровне моря (с сайта <http://spaceweather.com/>).

Результаты измерений

С 22 августа 2017 по 27 февраля 2019 были проведена регистрация радиационного фона во время 40 авиарейсов, в основном на внутренних рейсах из аэропорта «Хибины» в Москву и Санкт-Петербург, а также на международных рейсах, в том числе 5 полетов в г. Лонгир на архипелаге Шпицберген. Регистрация радиационного фона проводилась в режиме измерения с накоплением статистики при каждом измерении более 1 минуты, при этом среднеквадратическое отклонение измеренных значений составляло 5 - 10%.

Пример измерений во время рейса Осло-Тромсё-Лонгир приведен на Рис. 3. Видна ожидаемая зависимость: радиационный фон быстро растет с высотой. На высоте 11 км фон превышает значения на уровне моря в 28-30 раз. При полете на постоянной высоте, даже на 11 км, измеряемые значения радиационного фона испытывают значительные флуктуации. Тем не менее, эти флуктуации находятся в ожидаемых статистических пределах (~10%). В данном полете пересекался значительный диапазон широт (62°-77° с.ш.), однако статистически значимых широтных зависимостей радиационного фона не заметно. Несколько большие значения на втором участке полета объясняются немного большей высотой полета.

Результаты измерений во время рейса 13 мая 2018 г. Москва – Апатиты приведены на Рис. 4. К сожалению, ресурс Flightradar24 не приводит целиком траектории полетов компании «Северсталь-авиа», поэтому заключительная часть траектории на Рис. 4 б, в не приводится.

Несмотря на статистический разброс точек из Рис. 3-б и Рис. 4-б видно, что высотная зависимость превышения радиационного фона достаточно гладкая, что позволяет для каждого рейса интерполировать значения к одинаковым высотам и посмотреть, не обнаружится ли систематический временной тренд. На Рис. 5 приведены значения превышения радиационного фона на двух фиксированных высотах для всего интервала измерений, для высоты 25000 футов (7620 м) и для высоты 30000 футов (9144 м). Из приведенных графиков можно сделать вывод, что с 22 августа 2017 по 27 февраля 2019 значимых систематических изменений на высотах полетов гражданской авиации не зарегистрировано.

Другой вывод, который можно сделать из Рис. 3-б и Рис. 4-б, - это отсутствие заметной широтной зависимости радиационного фона, так как такая зависимость привела бы к заметному разбросу на высотной зависимости превышения радиационного фона.

Обсуждение и выводы

Проанализированы данные регистрации радиационного фона во время 40 полетов на рейсах с 22 августа 2017 по 27 февраля 2019. Регистрация радиационного фона проводилась в режиме измерения с накоплением статистики при каждом измерении более 1 минуты, при этом среднеквадратическое отклонение измеренных значений составляло 5 - 10%. Получена ожидаемая зависимость: радиационный фон быстро растет с высотой, зарегистрированы превышения до 36 раз.

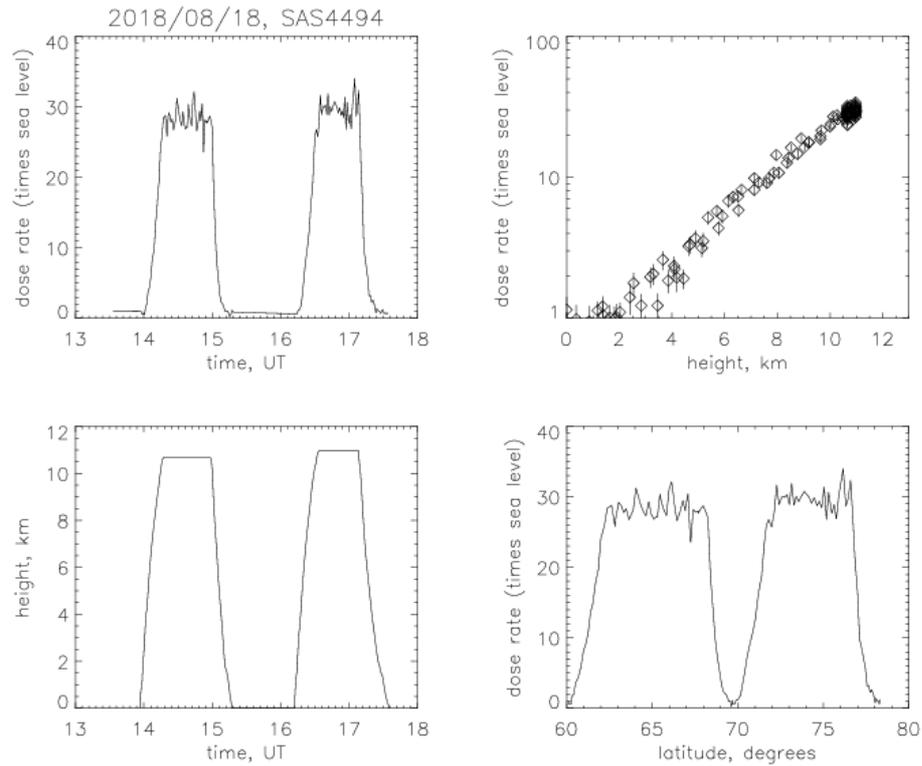


Рисунок 3. Пример измерений радиационного фона во время рейса 18 августа 2018 г. Осло-Тромсё-Лонгир, зависимости: *а* – превышения радиационного фона от времени; *б* - превышение радиационного фона от высоты (вертикальными отрезками показаны стандартные отклонения); *в* – высоты полета от времени; *г* - превышения радиационного фона от широты.

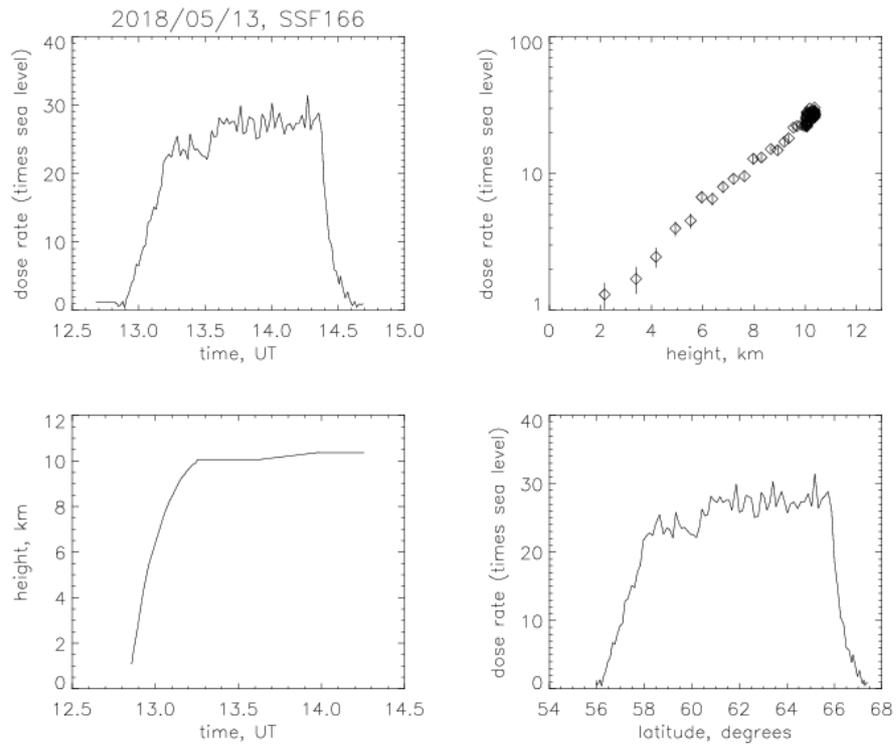


Рисунок 4. То же, что Рис. 3 для рейса 13 мая 2018 г. Москва - Апатиты.

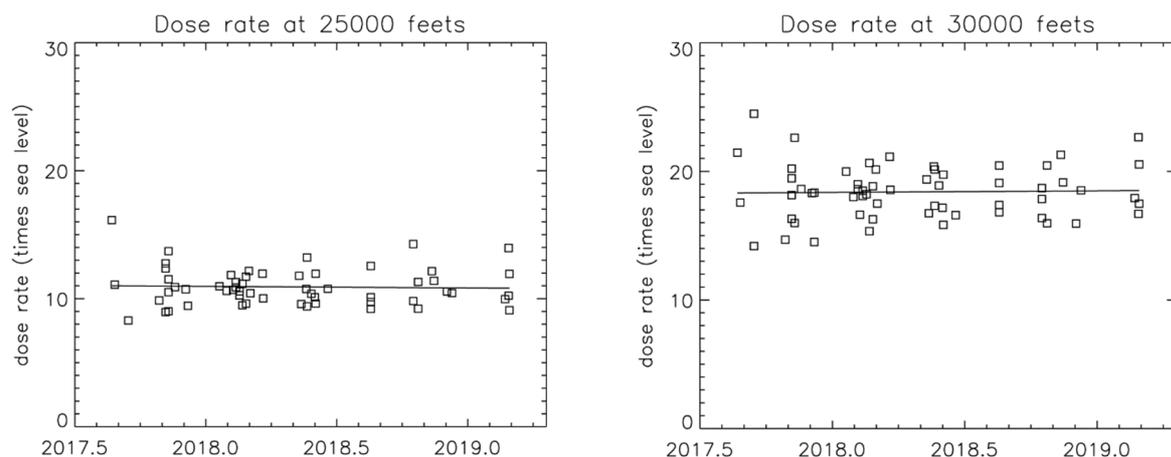


Рисунок 5. Превышение радиационного фона на фиксированных высотах для всего интервала измерений: *a* – для высоты 25000 футов (7620 м), *б* – для высоты 30000 футов (9144 м).

Пользуясь гладкостью высотной зависимости превышения радиационного фона, значения во время каждого рейса интерполированы к одинаковым высотам. В принципе, такая процедура должны позволить достоверно делать вывод о наличии систематического тренда более 30-50%. Тем не менее, можно сделать следующие выводы:

- 1) За весь интервал измерений заметного систематического изменения радиационного фона на высотах полетов гражданских самолетов (до 12 км) не обнаружено.
- 2) Какой-либо широтной зависимости радиационного фона при значительной высотной зависимости в проанализированных данных не заметно.

Литература

1. Tobiska, W. K., et al., Advances in Atmospheric Radiation Measurements and Modeling Needed to Improve Air Safety, Space Weather, 13, 2015, doi:10.1002/2015SW001169.
2. Лазутин Л.Л. Рентгеновское излучение авроральных электронов и динамика магнитосферы // Ленинград: «Наука», 1979, 200 с.
3. <https://kbradar.org/p68397049-dozimetr-radiatsii-atom.html>
4. <https://www.flightradar24.com>
5. <http://spaceweather.com/>