

DOI: 10.25702/KSC.2588-0039.2019.42.180-182

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В D-ОБЛАСТИ НА РАДАРЕ ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ ВО ВРЕМЯ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ

В.К. Ролдугин, Б.В. Козелов, С.М. Черняков, А.В. Ролдугин

ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты, Россия

Аннотация. Рассмотрено поведение электронной концентрации в D-слое по данным радара частичных отражений в Туманном во время появления над ним серебристых облаков 15 августа 2015. Спустя 35 минут после их появления расчётные данные электронной концентрации на высотах 77 – 85 км показали её увеличение. Высказывается предположение о неприменимости методики расчёта при наличии серебристых облаков. Явление сопровождалось вспышками кратковременных, длительностью 1-2 минуты, и быстро движущихся сияний на широте г. Апатиты.

Введение

15 августа 2015 над Кольским полуостровом наблюдались серебристые облака (СО). Погодные условия для оптических наблюдений были хорошие, и СО регистрировались фотоаппаратом с наблюдательной точки в городе Апатиты и ТВ камерой всего неба на апатитском геофизическом полигоне, расположенном в 4 км от города. За время 19ч 02м – 20ч 56м UT фотоаппаратом было сделано 372 снимка неба. Визуально СО наблюдались примерно с 20ч 30м, в 22ч 08м визуальные и фотографические наблюдения были прекращены. По телевизионным снимкам были построены проекции СО на землю при предположении их высоты 80 км.

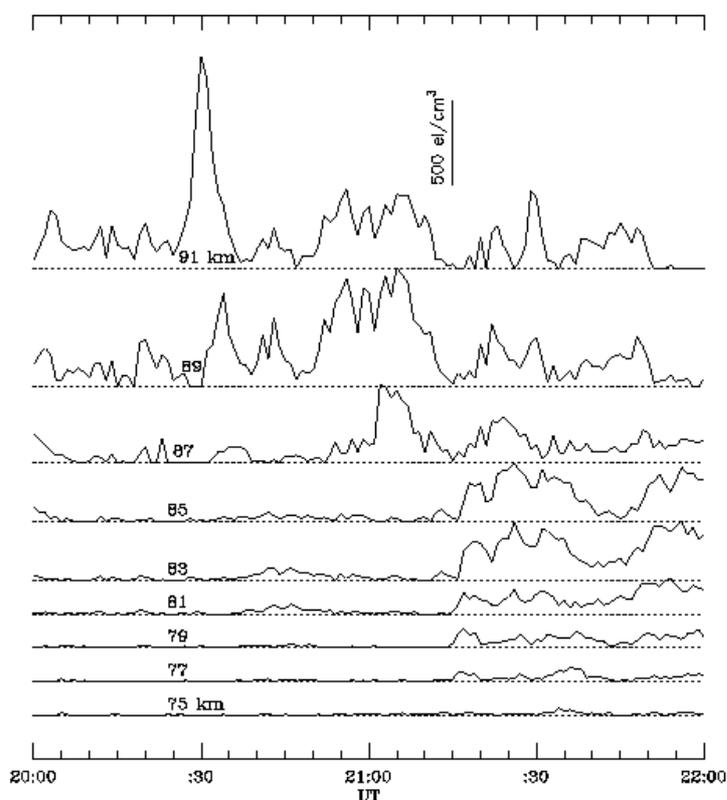


Рисунок 1. Вариации плотности электронов на разных высотах, рассчитанные по данным радара частичных отражений в Туманном за 15 августа 2015г.

В это время в obs. Туманный работал радар частичных отражений (РЧО) на частоте 2.66 МГц, который регистрирует амплитуды частично отражённых обыкновенной и необыкновенной волн на высотах от 50 до 90 км с временным разрешением 1 мин и высотным 0.5 км. По значениям амплитуд обыкновенной и необыкновенной волны РЧО стандартным образом, см. [Беликович и др., 2004], определяется электронная концентрация на высотах от 50 до 125 км.

В литературе отмечается, что серебристые облака часто сопровождаются отражением на радиопередатчиках в диапазоне частот десятков – сотен мегагерц. Это явление называется PMSE – полярное мезосферное отражение, ему посвящена обширная литература. Оно появляется в летний период на высотах между 80 и 90 км, при понижении температуры в мезосфере. Оно отмечалось и на рассматриваемом здесь радаре в Туманном, см. [Власков и Боголюбов, 1998] и [Ролдугин и др., 2018]. Связь PMSE с серебристыми облаками, однако, неидеальна – бывают серебристые облака без PMSE, и наоборот. На большую разницу в физике обоих явлений указывалось в работах

[Kirkwood et al., 2002, 2010]. Поэтому представляется интересным рассмотреть совместное появление обоих явлений в нашем случае в деталях.

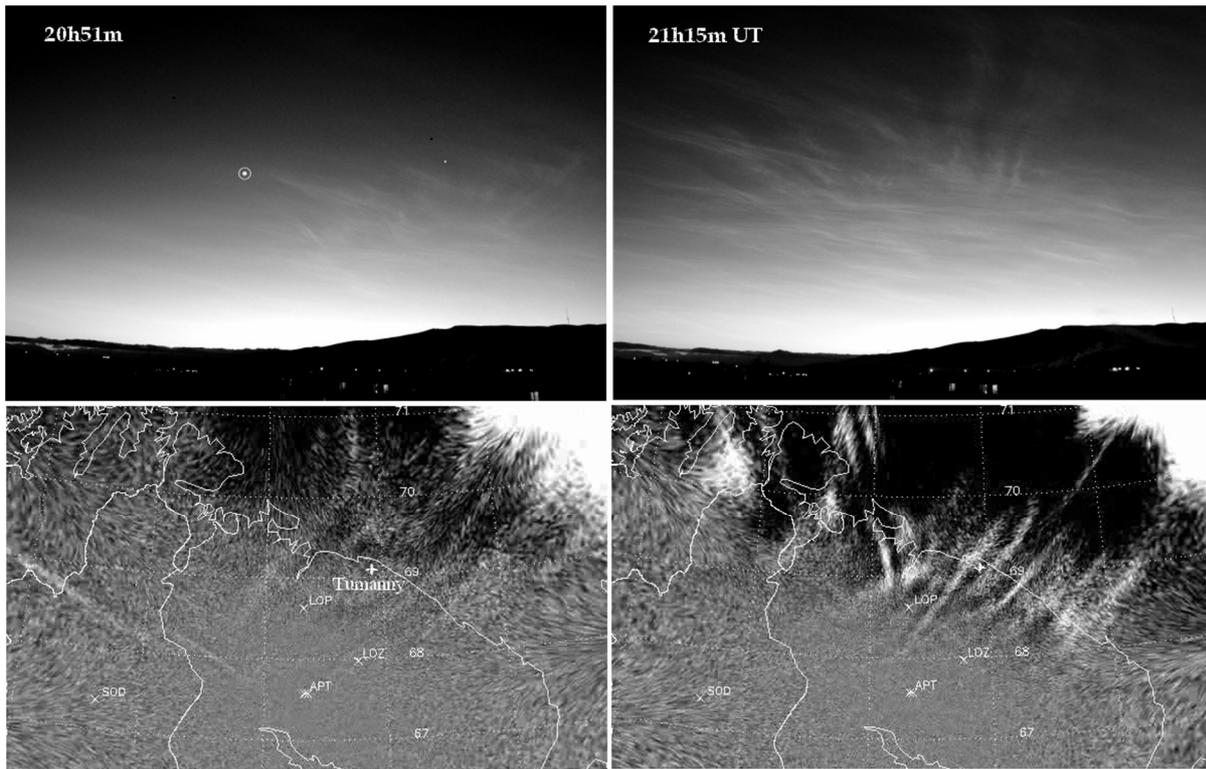


Рисунок 2. Верхний ряд: фотографии серебристых облаков по наблюдениям из Апатитов, время указано. Слева в кружке отмечена высота 85 км над Туманным. Нижний ряд: для тех же моментов проекции ТВ-снимков на карту. Полоса на нижнем кадре слева – сияние.

Данные

Усиление амплитуды отражённого сигнала РЧО приходится на 20ч 30м UT, когда начались фотографические наблюдения, и *PMSE* продолжалось всю ночь. По значениям амплитуд обыкновенной и необыкновенной волны были рассчитаны значения плотности электронов N_e в D-области, и их временные ходы представлены на рис. 1 для высот от 75 до 91 км. Видно, что вариации электронной концентрации были чрезвычайно изменчивы как по времени, так и по высоте, но можно отметить, что на высоте 87 км повышение N_e произошло в 21ч 02м UT, а ниже оно появляется лишь с 21ч 15м UT. Судя по фотографиям, серебристые облака в 20ч 30м были, но в это время их форму можно определить как флёр, т.е. почти однородное свечение больших участков неба, которое для неопытного наблюдателя незаметно. Структурированные формы появляются около 20ч 51м, когда незначительное повышение N_e можно заметить лишь на 87 км. Момент явного увеличения электронной концентрации на низких высотах в 21ч 15м, см. рис. 1, совпадает с появлением более сложных форм серебристых облаков, когда наблюдаются как бы два направления в ориентации линейных форм.

На рис. 2 наверху показаны фотографии неба для моментов 20ч 51м и 21ч 15м. Точкой в кружке отмечено положение диаграммы РЧО на высоте 85 км для наблюдателя из Апатитов. Она видна под азимутом 331° и углом места 22°. Внизу показаны рассчитанные проекции телевизионных снимков на землю для тех же моментов. Как видно из рис. 1, до 21ч 15м повышения электронной концентрации в мезосфере не наблюдалось, хотя серебристые облака, как хорошо видно как по фотографиям, так и по ТВ снимкам, находились в поле диаграммы антенны. По данным апатитской камеры всего неба, они попадают в «поле зрения» радара уже в 20ч 40м.

Отметим, что СО сопровождалась кратковременными, быстропеременными, но слабыми, полярными сияниями на широте Апатитов и южнее. Моменты таких сияний 20ч 42м, 21ч 12м, 21ч 16м и 21ч 26м. На рис. 3 представлены вариации магнитного поля в obs. Ловозеро. Эти моменты отмечены вертикальными линиями. На рисунке видно, что в эти моменты в магнитном поле на фоне отрицательной бухты наблюдаются кратковременные пички. В *H*-компоненте они отрицательные величиной 50 – 100 нТ, а в *Z*-компоненте три отрицательные, а один в 21ч 12м положительный, что указывает, что ток тогда располагался к северу от Ловозера.

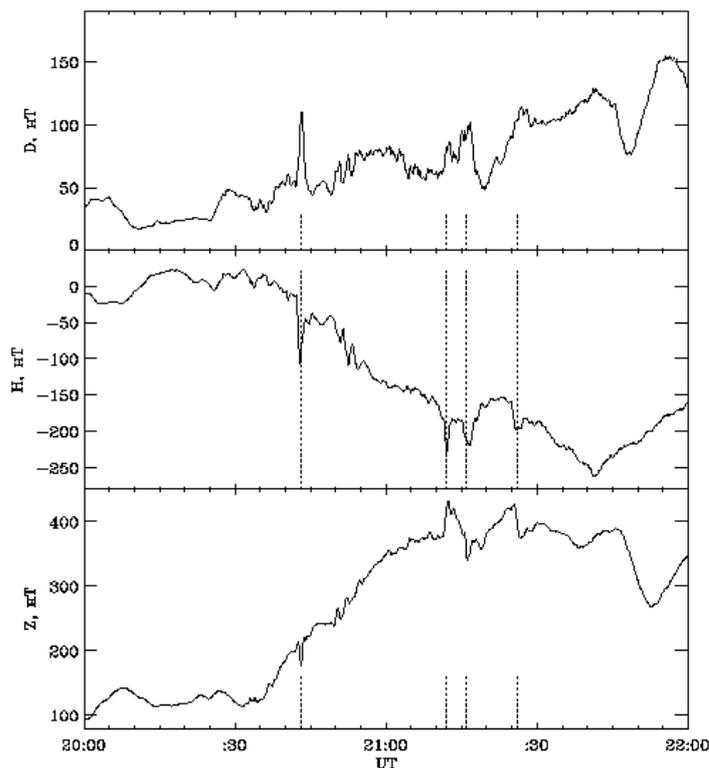


Рисунок 3. Магнитограммы Ловозера за 15.08.2015. Вертикальным пунктиром отмечены моменты появления сияний на широте Ловозера.

соотношению амплитуд обыкновенной и необыкновенной волны РЧО в случае СО, и получаемая по ней электронная концентрация в *D*-области не является истинной.

Серебристые облака и полярные сияния физически разные явления, и трудно ожидать непосредственной связи между ними. Тем не менее, в некоторых работах, например [Kirkwood *et al.*, 2010], указывается, что амплитуда *PMSE* зависит от электронной концентрации в слое *D*. Поэтому появление в нашем случае странных, кратковременных в 1-2 минуты и весьма подвижных сияний, возможно, сказалось на развитии серебристых облаков. Полагаем, что этот вопрос требует дальнейшего исследования.

Список литературы.

- Беликович В.В., Вяхирев В.Д., Калинина Е.Е. Исследование ионосферы методом частичных отражений // Геомагнетизм и аэронавигация. Т.44. № 2. С. 189-194. 2004.
- Власков В.А., Боголюбов А.А. Наблюдение полярных летних мезосферных отражений с помощью радара частичных отражений // Вестник МГТУ. Т.1. № 2. С. 3-22. 1998.
- Ролдугин В.К., Черняков В.К., Ролдугин А.В., Оглоблина А.В. Вариации полярных летних мезосферных отражений во время появления неоднородностей серебристых облаков // Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 58. № 3. С. 325-331, 2018.
- Kirkwood S., Barabash V., Brändström B.U.E., Moström A., Stebel K., Mitchell N., Hocking W. Noctilucent clouds, PMSE and 5-day planetary waves: A case study // Geophys. Res. Letters. V. 29. № 10. P. 50. doi 10.1029/2001GL014022. 2002.
- Kirkwood S., Hervig M., Belova E., Osepian A. Quantitative relation between PMSE and ice mass density // Ann. Geophys. V. 28. № 6. P.1333-1343. 2010.
- Roldugin V.C., Kirkwood S., Maltsev Yu.P., Galakhov A.A. EISCAT radar reflection from the vicinity of a noctilucent cloud // Phys. and Chem. of Earth (B). V.25. № 5-6. P. 507-509. 2000.

Обсуждение результатов

При рассмотрении рис. 1 вызывает недоумение повышение электронной концентрации по данным РЧО на уровнях СО. Во-первых, неясен механизм ионообразования в условиях серебристых облаков, при том, что высокая скорость рекомбинации на этих высотах требует высокой скорости ионизации. Во-вторых, серебристые облака над радаром появились с 20ч 40м, а появление заметной ионизации на высотах 85 – 77 км начинается лишь с 21ч 15м, т.е. 35 минут спустя. Наше мнение по этому поводу следующее.

В работе [Roldugin *et. al*, 2000] были проанализированы данные радара *EISCAT* в Тромсё во время расположения над ним СО. Радар показал заведомо несостоятельные величины электронной концентрации на высоте *D*-области - около 10^{11} эл/см³. Причиной является, по всей видимости, методика расчёта концентрации, основанная на определённых физических предположениях о некогерентном характере рассеяния зондирующего импульса радара, которые к отражению от СО неприменимы. Мы полагаем, что аналогично неприменима также и методика расчёта электронной концентрации по