

ОБНАРУЖЕНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СВЕЧЕНИЯ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ, СИНХРОННОГО С ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ МОЩНОЙ РАДИОВОЛНЫ

С.Б.Ляхов, Г.Г.Манагадзе, М.С.Петров, И.С.Шлюгер

Представлены методика и первые результаты наблюдений пульсирующего свечения нижней ионосферы под воздействием излучения мощного импульсного передатчика. Свечение, синхронное с импульсами передатчика, зарегистрировано в короткоживущей эмиссии натрия.

Импульсная инжекция радиоволн в экспериментах по возмущению ионосферы позволяет существенно увеличить амплитуду возмущений за счет повышения излучаемой в импульсе мощности в сравнении со стационарной инжекцией. При диагностике возмущений возникает задача регистрации свечения ионосферы, отвечающего отдельному импульсу передатчика. Эти измерения могут дать информацию о процессах развития и релаксации возмущений, возникающих за время короткого импульса передатчика. В ранее проведенных работах ¹ иссле-

довалось свечение атомарного кислорода, излучаемое с долгоживущих уровней, что не позволяло обнаружить временные вариации свечения, отвечающие отдельным импульсам передатчика. Из-за сильной дезактивации возбужденных уровней атомарного кислорода не было также обнаружено возникновения свечения ионосферы на высотах 80 — 120 км, где нагрев электронов под воздействием излучения передатчика максимален ².

Ниже представлены методика и первые результаты наблюдений пульсирующего свечения нижней ионосферы под воздействием излучения мощного импульсного передатчика ³. Передатчик излучает вертикально вверх радиоволны „O”-моды на частоте 1,35 МГц. Длительность импульса излучения около 0,5 мс при частоте повторения 50 Гц. Отношение E_0/E_p на высотах $\sim 80 - 100$ км составляло $\sim 4 - 6$.

Оценки показывают, что регистрация, а тем более измерение временных характеристик свечения соответствующего отдельному импульсу передатчика невозможна из-за его малой интенсивности и значительного уровня фонового свечения атмосферы.

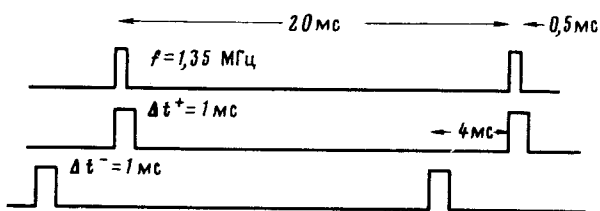


Рис. 1

Поэтому для обнаружения пульсирующего свечения была использована методика регистрации и накопления отдельных квантов синхронно с импульсами передатчика при вычитании фонового свечения в паузах. На рис.1 показана временная последовательность импульсов передатчика, периодов сложения и вычитания отдельных квантов. Методика основана на разумном предположении, что интенсивность короткоживущей эмиссии в нижней ионосфере должна релаксировать за время между двумя импульсами передатчика до фонового значения.

Предложенная методика позволяла: обнаружить слабое пульсирующее свечение; устранить зависимость измерений от вариаций интенсивности фонового свечения с временным масштабом более 20 мс; путем смещения периодов Δt^+ относительно импульсов передатчика определить временную зависимость интенсивности свечения по отношению к импульсу передатчика.

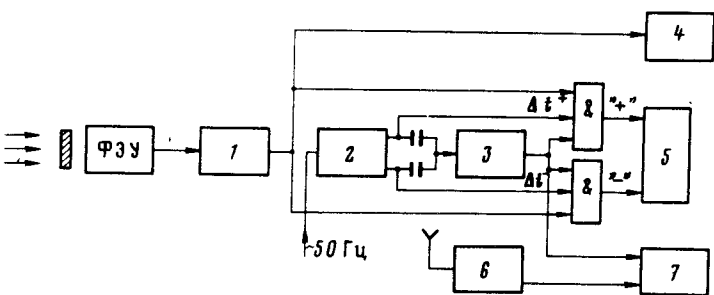


Рис. 2

На рис.2 показана блок-схема установки, реализующей данную методику. Импульсы с ФЭУ, отвечающие отдельным квантам свечения (ФЭУ работал в одноэлектронном режиме), после усилителя-формирователя 1 поступали на два ключа в виде трехходовых схем И-НЕ (&). Периоды открывания ключей Δt^+ и Δt^- управлялись генераторами парных 2 и одиночных 3 импульсов. Последовательный запуск генератора одиночных импульсов парными импульсами был необходим для устранения влияния неравномерного изменения длительности импульсов в паре на измерения. Реверсивный счетчик 5 накапливал разность счета световых квантов в периоды Δt^+ и Δt^- . Величина фоновой интенсивности свечения регист-

рировалась частотомером 4. Синхронизация периодов Δt^+ с импульсами передатчика, которые регистрировались приемником 6, осуществлялась по электросети переменного тока с частотой 50 Гц и контролировалась по экрану осциллографа 7.

Для измерений было выбрано излучение натрия ($\lambda = 5890$ и 5896 \AA). Известно, что Na содержится в атмосфере в виде узкого слоя на высоте 80 – 100 км, т.е. именно там, где велики изменения температуры электронов под воздействием передатчика. Невысокий потенциал возбуждения (2,09 эВ) этой разрешенной эмиссии с малым временем высвечивания ($\sim 10^{-8} \text{ с}$) позволял рассчитывать на ее возбуждение при работе передатчика.

Фотометр располагался в 90 км от передатчика и был ориентирован на область ионосферы над передатчиком на высотах 80 – 100 км. Для выделения желтого дублета натрия был использован интерференционный светофильтр ($\Delta\lambda_{1/2} = 60 \text{ \AA}$). При отладке установки особое внимание было уделено обеспечению ее стабильной работы и выявлению возможных паразитных эффектов модуляции скорости счета на частоте 50 Гц. При калибровке от постоянного светового источника было установлено, что аппаратная модуляция составляла $\sim 0,5 \%$.

В процессе фоновых наблюдений была обнаружена модуляция свечения ночного неба на частоте 50 Гц с глубиной не менее 2%. Тривиальное объяснение этого эффекта заключается в регистрации рассеянной в атмосфере ночной подсветки населенных пунктов, модуляция которой на частоте 50 Гц при общей сфазированности электросети вполне реальна. Более интересной представляется возможность пульсаций свечения на уровне ионосферы под прямым или косвенным влиянием излучения электросетей. В последнем случае эффект заслуживает детального исследования, что и предполагается в дальнейшем.

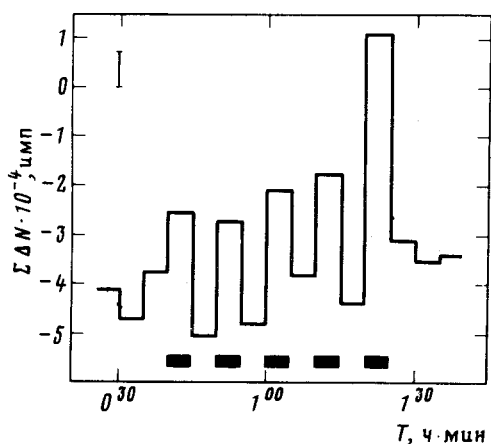


Рис. 3

На рис.3 представлены результаты одного из экспериментов, проведенного 11 апреля 1983 г. Внизу указаны пятиминутные периоды работы передатчика при такой же паузе, вверху-слева — статистическая погрешность измерений. Периоды накопления разности счета также составляли 5 мин и были согласованы с работой передатчика. Отчетливо видно коррелированное с работой передатчика увеличение разности счета, которое наблюдалось во время каждого из пяти периодов работы передатчика и значительно превышало погрешность измерения. В предположении, что в период Δt^- регистрировалось лишь фоновое свечение, можно заключить, что эффект дополнительного свечения за период Δt^+ отвечает в среднем регистрации 1,5 квантов при регистрации 120 квантов фонового излучения. Учитывая геометрию эксперимента, характеристики фотометра и входного фильтра, можно оценить, что величина дополнительного светового эффекта за период $\Delta t^+ = 1 \text{ мс}$ достигает 100 реллей, что отвечает поверхностной яркости порядка $10^7 \text{ квант/см}^2 \cdot \text{ср. с.}$

Таким образом в результате проведенных экспериментов по воздействию излучения мощного импульсного передатчика на ионосферу обнаружено свечение нижней ионосферы, кото-

рое было зарегистрировано в короткоживущей эмиссии натрия и имело пульсирующий характер синхронно с импульсами передатчика. Полученные данные указывают на значительный разогрев частиц нижней ионосферы за время коротких импульсов передатчика.

Дальнейшие эксперименты будут в первую очередь направлены на изучение временной зависимости пульсаций свечения — времен нарастания и спада его интенсивности по отношению к импульсам передатчика.

Авторы благодарят В.И.Глазкова, А.И.Семенова, К.И.Юрина за содействие при проведении экспериментов, А.В.Гуревича и Г.М.Милиха за обсуждения.

Литература

1. Адейшвили Т.Г., Гуревич А.В., Ляхов С.Б. и др. Физика плазмы, 1978, 4, 1293.
2. Шлюгер И.С. Письма в ЖЭТФ, 1974, 19, 274.
3. Гуревич А.В., Шлюгер И.С. Известия ВУЗов, Радиофизика, 1975, 18, 1237.

Институт космических исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28 апреля 1983 г.
1 ноября 1983 г.