Секция В. Физика атмосферы Земли, включая околоземное космическое пространство. БШФФ-2024. С. 194–195.

УДК 551.510 DOI: 10.62955/0135-3748-2024-194

ФОТОМЕТРИЯ НОЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ ЦВЕТНОГО ПЗС ПРИЕМНИКА

С.В. Подлесный, А.В. Михалев

Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия, step8907@mail.ru

PHOTOMETRY OF THE EARTH NIGHT ATMOSPHERE BASED ON COLOR CCD RECEIVER

S.V. Podlesnyi, A.V. Mikhalev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia, step8907@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается методика регистрации излучения ночной атмосферы Земли фотометрическим методом с применением приемника на основе цветной ПЗС матрицы, имеющего широкополосные фильтры. Приводятся результаты обработки и анализа данных излучения атмосферы за период с 2010 по 2022 гг., полученных в ГФО ИСЗФ СО РАН, расположенной в пос. Торы республики Бурятия. Получен сезонный ход интенсивности излучения в разных цветовых каналах, выполнена оценка средней светимости ночного неба в спектральных диапазонах R-, G-, B-каналов цветной камеры для региона Восточной Сибири. В качестве приемников использовалась камера «Видеоскан 11002/О/П/2001» на основе ПЗС матрицы KODAK KAI-11002.

Ключевые слова: свечение атмосферы, фотометрия, цветная ПЗС матрица

Abstract: The paper discusses the method for recording the radiation of the Earth night atmosphere by the photometric method using a receiver based on a color CCD array with wideband filters. We present the results of the processing and atmospheric radiation data analysis obtained in the GPO ISTP SB RAS, located in the Tory village of the Buryatia Republic, in 2010-2022. As a result, a seasonal variation in the emission intensity in different color channels was obtained, the average luminosity of the night sky was estimated in the R-, G-, B-channels spectral ranges of color camera for Eastern Siberia. As the receivers, the camera «Video scan 11002/O/ P/2001» was used, based on a KODAK CCD KAI-11002.

Keywords: airglow, photometry, color CCD

ВВЕДЕНИЕ

В основном для оптических исследований физических процессов на высотах мезосферы – нижней термосферы используются отдельные спектральные составляющие излучения верхней атмосферы Земли. Регистрация же в интегральном излучении дает возможность оценить общую динамику излучения, включающую в себя все яркие линии и полосы эмиссий атмосферных составляющих, а также континуум собственного излучения атмосферы.

Целью данной работы является выявление сезонного хода свечения ночной атмосферы (СНА) посредством фотометрического исследования интенсивности интегрального излучения ночной атмосферы Земли с применением приемника на основе ПЗС-матрицы.

В ходе работы были проведены обработка и анализ оптических данных за период с 2010 по 2022 гг. интегрального излучения верхних слоев атмосферы, полученных при помощи широкоапертурной цифровой камеры для регистрации излучения ночной атмосферы ФИЛИН-1Ц. Камера установлена в Геофизической обсерватории (ГФО ИСЗФ СО РАН), расположенной в пос. Торы республики Бурятия (51° с.ш., 103° в.д., высота 673 м над уровнем моря).

АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Широкоугольная высокочувствительная фотокамера ФИЛИН-1Ц предназначена для регистрации и исследования собственного излучения (люминесценции) атмосферы ночного неба, его пространственно-временных вариаций, естественных и искусственных космических объектов (метеоров, космических аппаратов), контроля прозрачности атмосферы и решения некоторых других задач. В качестве входного объектива используется объектив Мир-20 (фокусное расстояние 20 мм, относительное отверстие 1:3.5).

В качестве регистрирующего устройства в аппарате используется ПЗС-камера «Видеоскан 11002/О/П/2001» на основе ПЗС-матрицы KODAK KAI-11002. Основные параметры ПЗС-камеры: разрешение снимка — 4008×2672 пикселей, размер пикселя – 9×9 мкм. Пиксели делятся на три вида: R, G и B. Спектральная чувствительность по уровню 0.5 от максимального значения для R-пикселей расположена от 600 нм до 750 нм, для G-пикселей чувствительность расположена в диапазоне от 510 нм до 590 нм и для B — от 410 нм до 510 нм. Время экспозиции камеры составляет 5 мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе исследования сезонного хода СНА выбирались снимки ночного неба, полученные преимущественно в ясные, безлунные ночи за период с 2010 по 2022 гг. Для автоматизации процесса отбора необходимых кадров был разработан алгоритм определения прозрачности атмосферы. Идея алгоритма скрипта основана на том, что звезды имеют строгие границы и их яркость значительно выше значений яркости ночного неба, а при появлении облачности яркость звезд падает. Это, в свою очередь, дает возможность подсчитать видимые на изображении звезды, выделив их как области изображения с повышенной интенсивностью по отношению к окружающему фону, и оценить плотность облачного покрова исходя из количества выделенных звезд. В качестве верификации результаты работы скрипта сравнивались сведения об облачном покрове, полученные при помощи спутниковых и

модельно-интерполяционных методов. Для этой цели было проведено сопоставление временной динамики локального облачного покрова, полученной по данным проекта ECMWF ERA5 и по данным спутников NOAA, с прозрачностью ночной атмосферы, полученной при помощи камеры. Результаты сравнительного анализа показали, в целом, хорошее согласие данных архива ECMWF ERA5 и облачности, наблюдаемой при помощи камеры. Недостатками являются отсутствие в архиве информации о быстрых вариациях облачности, а также положительные и отрицательные задержки в динамике облачных полей длительностью около двух часов. Вследствие нерегулярности спутниковых данных, больших временных интервалов между пролетами и сложностью определения облачности в темное время суток, уверенных выводов по результатам сравнения со спутниковыми данными сделать не удалось [Подлесный и др., 2022].

Излучение, регистрируемое в цветовых R-, G- и B-каналах цветной ПЗС камеры в спокойных геомагнитных условиях, в большей степени обусловлено континуумом собственного свечения верхней атмосферы, так как при больших спектральных интервалах регистрации (~100–150 нм) континуум становится основным компонентом в свечении ночной атмосферы. На рис. 1 показаны схематичный средний спектр ночного излучения верхней атмосферы (верхняя панель) и спектральная чувствительность матрицы KODAK KAI-11002 (нижняя панель). Следует отметить, что основной компонентой излучения верхней атмосферы по интенсивности является континуум.

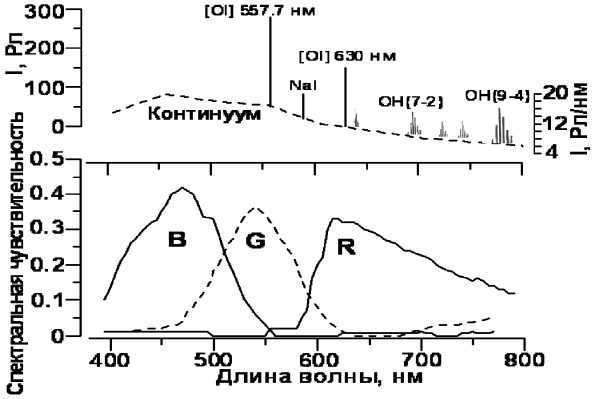

Рис. 1. Схематичный средний спектр ночного излучения верхней атмосферы (вверху) и спектральная чувствительность матрицы KODAK KAI-11002 (внизу)

Определены сезонные хода светимостей ночного неба в каналах цветной камеры, обладающих снижением светимостей в весенние месяцы, увеличением в осенние месяцы и наличием летнего максимума (рис. 2). Летний максимум интерпретируется нами рассеянным солнечным светом в условиях незначительного погружения Солнца за горизонт в летние месяцы (эффект «белых» ночей). В осенний, зимний и весенний периоды сезонный ход СНА совпадает с сезонным ходом сплошного спектра СНА (рис. 3), полученного в работе [Фишкова, 1983]. Это может быть объяснено тем, что определяющий вклад в общую светимость ночной атмосферы вносит континуум.

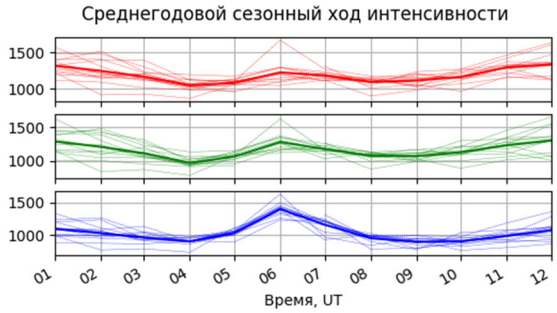

Рис. 2. Среднегодовой сезонный ход свечения ночной атмосферы за 2010–2022 гг.

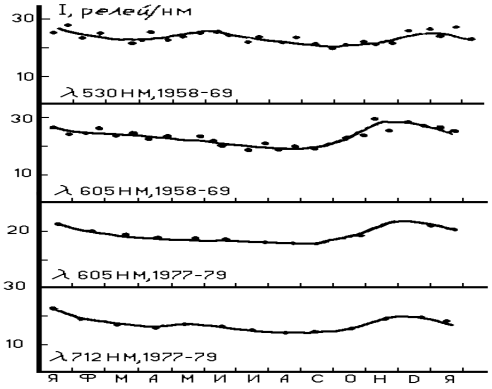

Рис. 3. Сезонный ход интенсивности сплошного спектра в участках спектра 530 нм 630 нм 712 нм для разных лет [Фишкова, 1983]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены сезонные хода светимостей ночного неба в R, G, B каналах цветной камеры, обладающих снижением интенсивности в весенние месяцы, увеличением в осенние месяцы и наличием летнего максимума. Летний максимум в сезонном ходе интерпретируется рассеянным солнечным светом.

Сравнительный анализ с аналогичными данными наблюдений свечения верхней атмосферы, полученных другими авторами в прошлые десятилетия, показал сходство сезонного хода для сибирского и кавказского регионов, за исключением максимума интенсивности в летние месяцы, обусловленного различием географического местоположения точек наблюдений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (субсидия № 075-ГЗ/Ц3569/278). Результаты получены на базе наблюдений, проводимых с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Ангара» [http://ckprf.ru/ckp/3056].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Подлесный С.В., Девятова Е.В., Саункин А.В., Васильев Р.В. Сопоставление методов определения облачного покрова над Байкальской природной территорией в декабре 2020 г. // Солнечно-земная физика. 2022. Т. 8, № 4. С. 102–109. DOI 10.12737/szf-84202210.

Фишкова Л.М. Ночное излучение среднеширотной верхней атмосферы Земли. Тбилиси: МЕЦНИЕРЕБА, 1983. 271 с.