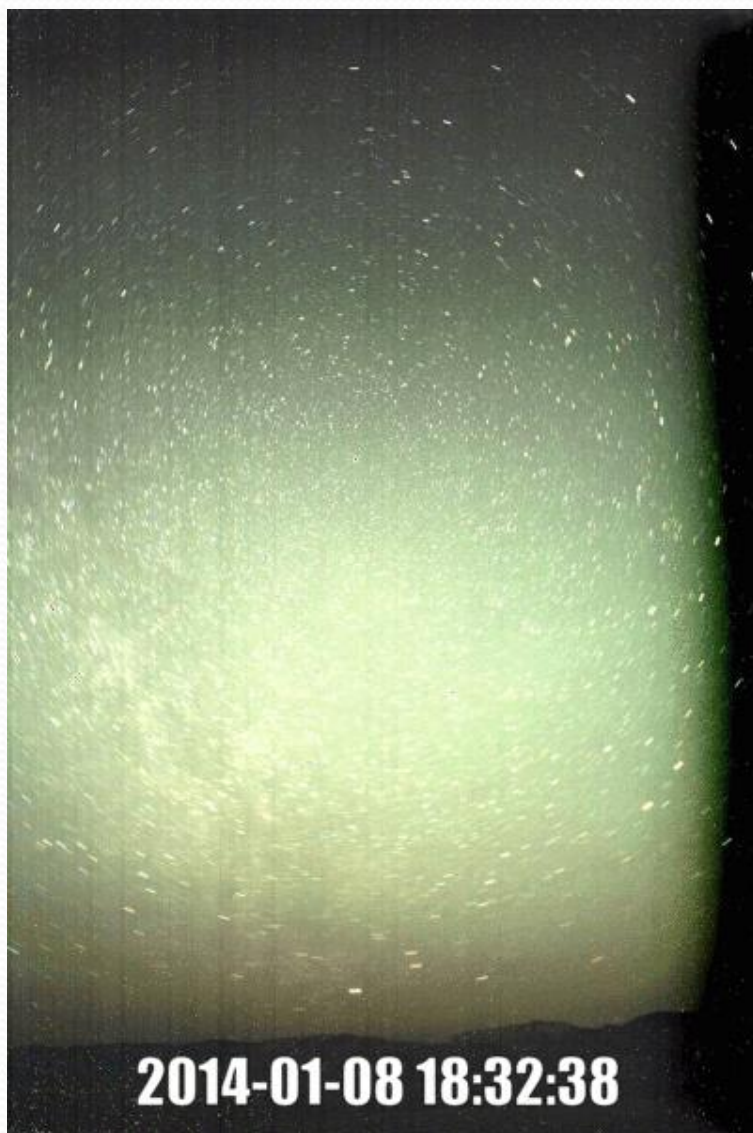


Волновые структуры в свечении верхних слоев атмосферы по данным цветной ПЗС камеры в регионе Восточной Сибири

Подлесный С.В. Михалев А.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени
Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск

В настоящее время широкое распространение получило использование камер всего неба (all-sky camera) для регистрации и исследования короткопериодических внутренних гравитационных волн (ВГВ). Важным свойством ВГВ волн является перенос энергии и импульса при распространении из нижних слоев в более высокие слои атмосферы. Диссипируя на высотах средней атмосферы, эти волны передают энергию и импульс среде, воздействуя, таким образом, на тепловой баланс и среднезональную циркуляцию. Обычно оптическая регистрация ВГВ осуществляется с использованием узкополосных светофильтров в отдельных спектральных полосах и линиях. В Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН при наблюдениях за свечением верхней атмосферы с 2009 г. используется широкоугольная цветная ПЗС камера, первоначальное назначение которой являлся контроль прозрачности атмосферы и исследование интегральной яркости ночного неба в цветовых каналах матрицы. Анализ первых же данных наблюдений за свечением атмосферы с помощью цветной ПЗС камеры выявил в регистрируемых изображениях в некоторые ночи появление перемещающихся волновых структур (ВС), аналогичных ВГВ, регистрируемых в отдельных спектральных полосах и линиях.



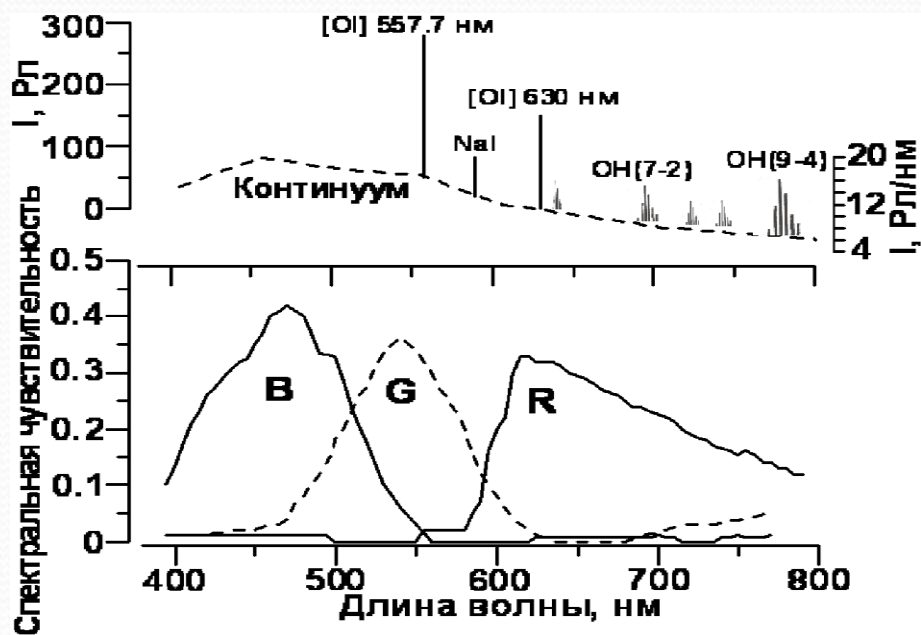
Целью работы является исследование волновых структур в свечении ночного неба, регистрируемых цветной ПЗС камерой, и их возможной интерпретации. Приводятся первые статистические результаты измерений волновых структур по данным наблюдений цветной ПЗС камерой в регионе Восточной Сибири.

Новизной данного исследования является то, что впервые изучены параметры волновых неоднородностей в регионе Восточной Сибири на длительном ряде однородных наблюдательных данных полученных посредством прибора на основе цветной ПЗС матрицы.

Серия кадров иллюстрирующая пространственно-временные вариаций в свечении ночного неба



Общий вид фотокамеры ФИЛИН-1Ц

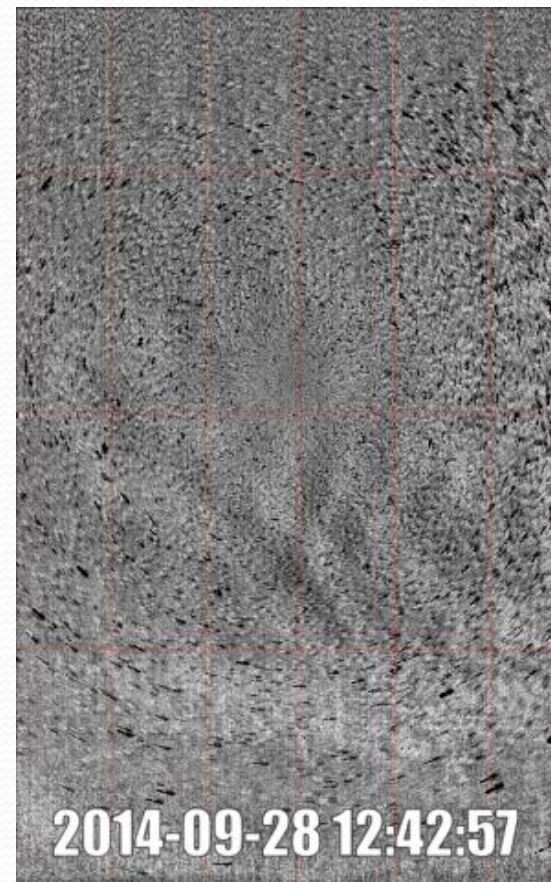
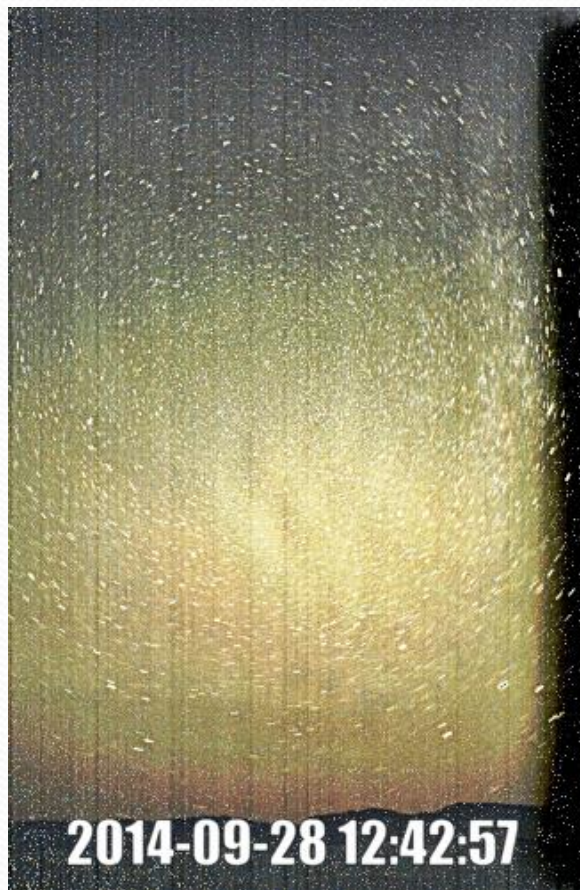


Схематичный средний спектр ночного излучения верхней атмосферы (вверху) и спектральная чувствительность матрицы KODAK KAI-11002 (внизу)

Широкоугольная фотокамера ФИЛИН-1Ц предназначена для регистрации и исследования собственного излучения ночной атмосферы, его пространственно-временных вариаций, естественных и искусственных космических объектов (метеоров, космических аппаратов), контроля прозрачности атмосферы и решения некоторых других задач.

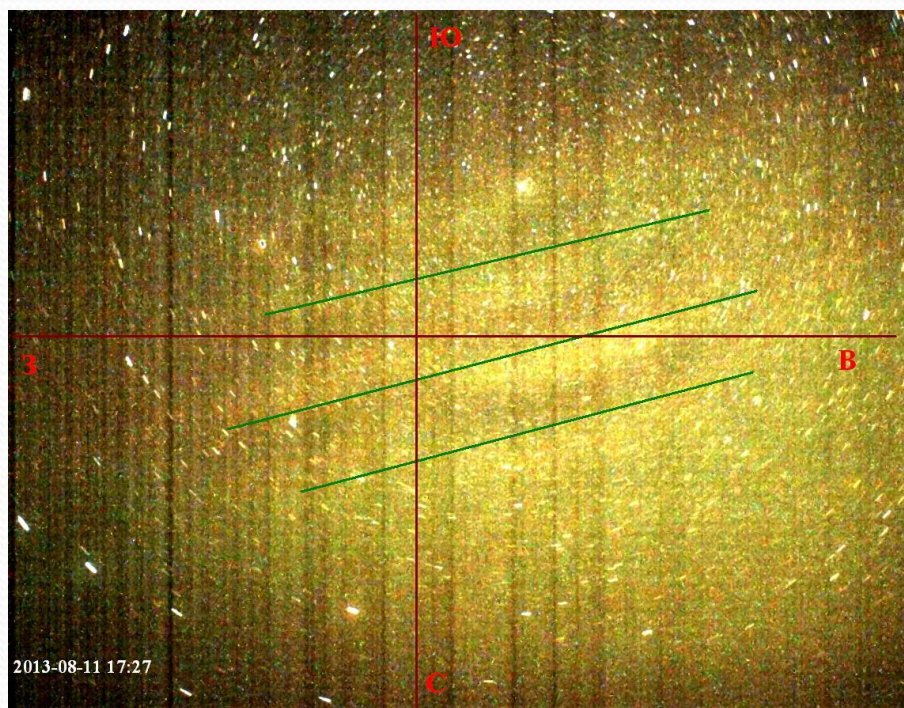
В качестве регистрирующего устройства в аппарате используется ПЗС-камера «Видеоскан 11002/О/П/2001» на основе ПЗС-матрицы KODAK KAI-11002. Основные параметры ПЗС-камеры: разрешение снимка - 4008x2672 пикселей, размер пикселя - 9x9 мкм. Для обеспечения световой загрузки всех пикселей матрицы превышающей уровень шума время экспозиции было выбрано 300 сек.

Для исследования ВС выбирались снимки ночного неба, полученные преимущественно в ясные, безлунные ночи с февраля 2009 г. по декабрь 2017г. Для лучшего выделения волновых возмущений была создана программа, использующая метод временного дифференцирования (Time Differencing method)



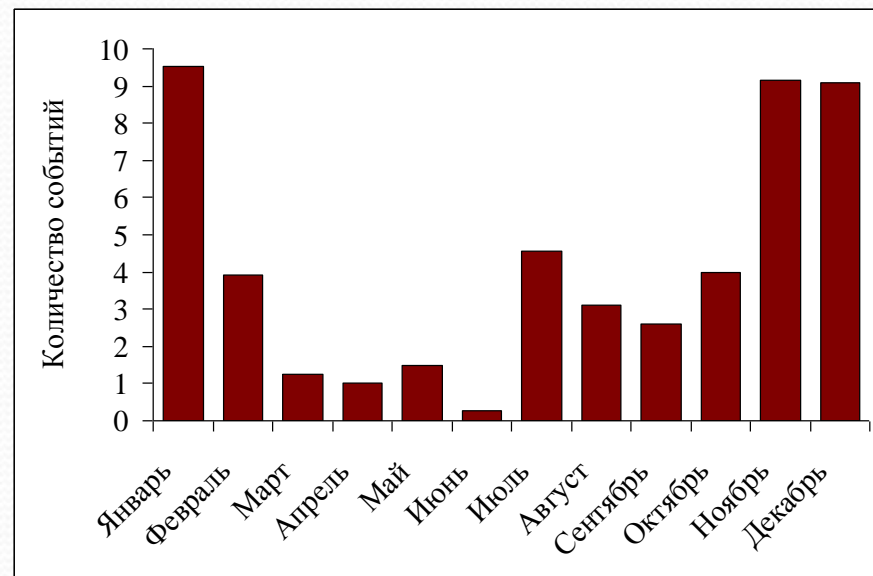
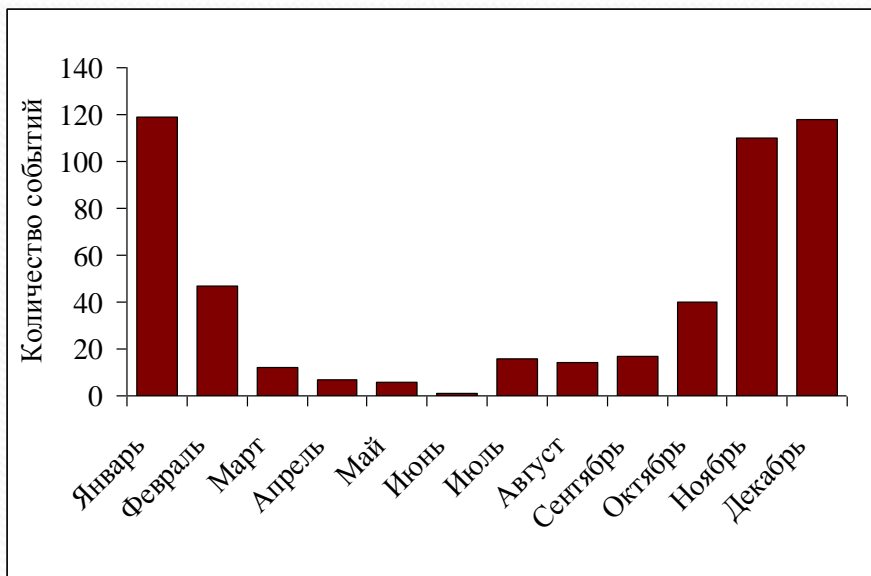
Исходная и обработанная методом временного дифференцирования картина ночного неба в R канале

В результате предварительного анализа отобрано 184 ночи, в течении которых наблюдалось 510 ВС. За одно событие принималось ВС, регистрируемое в одном направлении вне зависимости от его длительности. Прерывание ВС на последовательных изображениях или изменение направления распространения ВС считалось новым событием. На рисунке приведен пример регистрации ВС. Характерный масштаб приведенных на рисунке 1 волн оценивается величиной ~ 5.3 градуса или ~ 9 км, в предположении, что волны высвечивают на высоте ~ 100 км (ОН, эмиссия 557.7 нм, континуум). Горизонтальная скорость распространения волнового пакета ~ 15 м/сек, направление – с юга на север.



Пример ВС регистрируемых с помощью цветной камеры, 11 августа 2013 г., 17:27 UT.

На гистограммах показано распределение количества зарегистрированных событий ВС по месяцам за период с 2009 по 2017 гг. Из гистограмм следует, что наибольшее количество ВС отмечается в осенне-зимние месяцы (октябрь-февраль) с небольшим максимумом в летний период (июль-август). Полученное сезонное распределение частоты регистрации ВС частично коррелирует с изменением направления среднего зонального ветра в стратосфере в средних широтах и может интерпретироваться в рамках теории фильтрации волн фоновым ветром в средней атмосфере



Распределение наблюдаемых ВС по месяцам за период с 2009 по 2017 гг.: слева – общее количество наблюдаемых ВС, справа - количество наблюдаемых ВС, нормированное на среднее время регистрации по месяцам (продолжительность ночи)

На диаграммах изображено распределение зарегистрированных ВС по направлениям распространения. Из диаграмм следует, что выраженная анизотропия распространения ВС наблюдается в весенний (преимущественное направление на северо-восток), летний (на север) и осенний (на северо-запад) периоды. В зимний период, который вносит основной вклад в общее количество зарегистрированных ВС, анизотропия выражена в меньшей степени. Для зимнего периода отношение количества ВС распространяющихся в направлениях северо-запад, север и северо-восток к количеству событий в направлениях юго-запад, юг и юго-восток (меридиональное направление) имеет величину ~ 1.25 . Для зонального направления преобладает западное направление распространения ВС с соответствующим отношением ~ 1.47 .

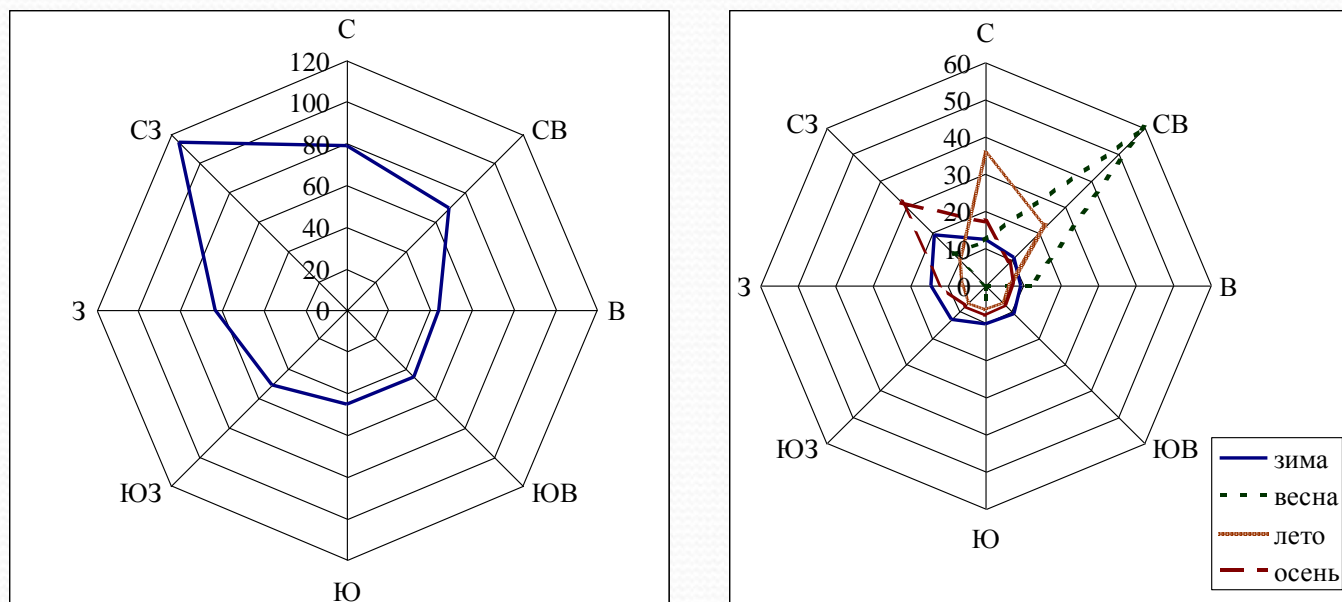


Диаграмма распределения направления распространения ВС: слева – суммарного по всем событиям, справа - по сезонам, в процентах от общего количества событий в сезоне

Заключение

Волновые структуры, наблюдаемые с помощью цветной камеры по приведенным характеристикам подобны наблюдаемым мелкомасштабным мезосферным ВГВ, полученным с помощью аппаратуры регистрирующей в дискретных линиях и полосах атмосферных эмиссий. В частности, отмеченное увеличение волновой активности в осенне-зимние месяцы и направлений распространений волновых структур соответствуют характеристикам ВГВ, представленные в некоторых публикациях других авторов по наблюдениям в средних широтах.

По направлению распространения исследованных волновых структур по данным цветной камеры для рассматриваемого региона Восточной Сибири выявлена сезонная зависимость с преобладанием северо-западного направлений для осенне-зимнего периода и северо-восточного для весенне-летнего периода наблюдений



Спасибо за внимание!