

УДК 524.8
МРНТИ 41.29.15

КАРТОГРАФИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЙ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ НА ФОНЕ РАЗВИТИЯ ТРОПОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Солодовник А.А.¹, Ланочкин М.В.¹, Леонтьев П.И.¹

¹СКГУ им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

Аннотация

Предлагается дальнейшее усовершенствование метода изучения влияния тропосферных процессов на формирование и эволюцию полей серебристых мезосферных облаков в области умеренных широт северного полушария Земли. В его основу положено построение и последующее изучение синтетических карт, содержащих как результаты ежедневных спутниковых обзоров глобального распределения полей мезосферных серебристых облаков, так и распределения и развития типичных процессов и явлений на уровне тропосферы.

Подробно представлен новый алгоритм обработки изображений и построения синтетических карт, нацеленный на повышение их информационной отдачи. Рассмотрены преимущества нового подхода на основе общего анализа спутниковых данных о глобальных полях серебристых облаков и метеокарт за сезоны 2016 и 2019 годов. Приведены примеры синтетических карт нового типа. В перспективе применение метода должно позволить уточнить характер влияния внутренних гравитационных волн, генерируемых в тропосфере на облакообразование, происходящее на высотах мезопаузы.

Ключевые слова: мезосфера, серебристые облака, спутниковый мониторинг, тропосферные процессы, метеорологические карты, синтетические карты, визуальный анализ, тропосферно-мезосферные связи.

ТРОПОСФЕРАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ДАМУЫ АЯСЫНДАҒЫ КҮМІС БҰЛТТАР ӨРІСТЕРІНІҢ ТАРАЛУ КАРТОГРАФИЯСЫ

А.А. Солодовник¹, М.В. Ланочкин¹, П.И. Леонтьев¹

¹М. Қозыбаев атындағы СҚМУ, Петропавл, Қазақстан

Аңдатпа

Жердің солтүстік жарты шарының орташа ендік аумағында күміс мезосфералық бұлттар өрістерінің қалыптасуы мен эволюциясына тропосфералық процестердің әсерін зерттеу әдісін одан әрі жетілдіру ұсынылады. Мезосфералық күміс бұлттар өрістерінің жаһандық таралуының тәуліктік жерсеріктік шолуының нәтижелері, сондай-ақ тропосфера деңгейінде типтік процестер мен құбылыстардың таралуы мен дамуы бар синтетикалық карталарды құру және оны әрі қарай зерттеудің негізі болып табылады.

Ақпарат алуды арттыруға бағытталған бейнелерді өңдеу мен синтетикалық карталарды құрудың жаңа алгоритмі толық көрсетілген. 2016 және 2019 жылдардың маусымдарындағы күміс бұлттардың жаһандық алқаптары мен метеокарталар туралы серіктік деректерді жалпы талдау негізінде жаңа тәсілдің артықшылықтары қарастырылды. Жаңа типтегі синтетикалық карталардың мысалдары келтірілген. Болашақта әдісті қолдану тропосферада генерацияланатын ішкі гравитациялық толқындардың мезопаузаның оғары нүктесіндегі бұлттардың қалыптасуына әсер ету сипатын нақтылауға мүмкіндік беруі тиіс.

Түйінді сөздер: мезосфера, күміс бұлттар, спутниктік мониторинг, тропосфералық процестер, метеорологиялық карталар, синтетикалық карталар, визуалды талдау, тропосфералық-мезосфералық байланыстар.

**CARTOGRAPHY OF THE NOCTILUCENT CLOUDS FIELDS DISTRIBUTION
ON THE BACKGROUND OF THE TROPOSPHERIC PROCESSES
DEVELOPMENT****A.A. Solodovnik¹, M.V. Lanochkin¹, P.I. Leontyev¹***¹NKSU named after M. Kozybaev, Petropavlovsk, Kazakhstan***Abstract**

Further improvement of the method for studying the influence of tropospheric processes on the formation and evolution of the mesospheric noctilucent clouds fields in the region of moderate latitudes of the Northern hemisphere of the Earth is proposed. The method is based on the construction and subsequent study of synthetic maps containing both the results of daily satellite surveys of the global distribution of mesospheric noctilucent clouds fields and the distribution and development of typical processes and phenomena at the troposphere level.

A new algorithm for image processing and building synthetic maps, aimed at increasing their information return, is presented in detail. The advantages of the new approach based on the general analysis of satellite data on global fields of mesospheric noctilucent clouds and weather maps for the seasons 2016 and 2019 are considered. Examples of synthetic maps of a new type are given. In the future, the application of the method should allow us to clarify the nature of the influence of internal gravitational waves generated in the troposphere on cloud formation occurring at mesopause heights.

Key words: mesosphere, noctilucent clouds, satellite-based monitoring, tropospheric processes, weather maps, synthetic maps, visual analysis, stratospheric-mesospheric relationship.

Введение

В течение достаточно длительного времени в Центре Астрофизических Исследований Северо-Казахстанского университета (ЦАИ СКУ) проводятся комплексные исследования серебристых облаков (как наблюдаемых с территории Северо-Казахстанской области, так и на основе анализа данных спутникового мониторинга), направленные на изучение возможной связи их возникновения с развитием процессов в подстилающем слое тропосферы.

В результате исследований, охватывающих временной интервал с 2007 по 2018 годы, показано наличие общей феноменологической связи появления полей серебристых облаков умеренных широт над Урало-Сибирским регионом с развитием таких крупномасштабных процессов как возникновение и движение циклонов и связанных с ними холодных фронтов, формированием окклюзий и грозových очагов [1-3]. На основании полученных выводов разработан и успешно применяется на практике метод локального прогнозирования появления МСО в контролируемой наземными наблюдениями области на основе прогностических (1-3 суточных) метеорологических карт.

Однако, при общей успешности такого подхода в нём имеются элементы субъективности. Она проявляется в том, что выводы о связи тропосферных и мезосферных явлений базируются на опытности исследователя и их проблематично представить в документальном виде явных численных показателей.

Методы исследования

Для устранения этого недостатка в ЦАИ СКУ был предложен метод построения и анализа синтетических карт, соединяющих на едином изображении как данные спутникового мониторинга полей серебристых облаков, так и картографических метеорологических прогнозов. Рассмотрим его сущность.

Одной из основ метода являются ежесуточные изображения полей МСО на фоне карты земной поверхности с центром в точке северного полюса, которые имеются в свободном доступе на сайте спутниковой миссии AIM (The Aeronomy of Ice in the

Mesosphere) [4]. На них отражены координатная сетка и очертания крупнейших географических элементов (Рис. 1).

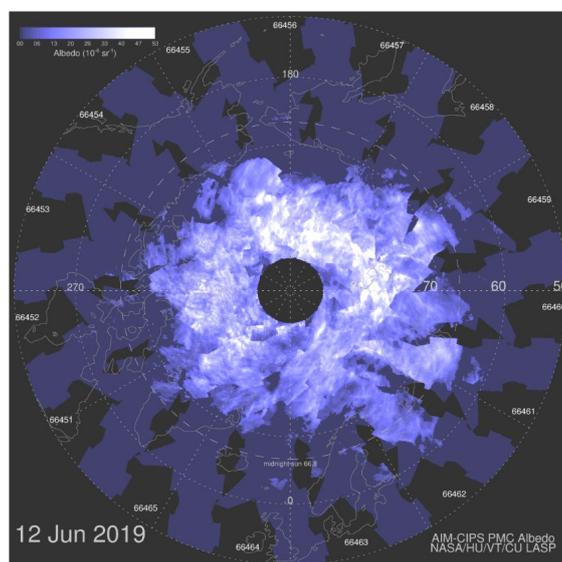


Рисунок 1 Изображение глобального поля серебристых облаков северного полушария на 12 июня 2019 года [4]

Кроме изображений, полученных спутником АИМ, использовались синоптические метеорологические карты, на которых представлено распределение барических полей и развитие масштабных метеорологических явлений: циклонов, фронтов, окклюзий, грозových очагов. Пример такой карты, представленной Северо-Казахстанским отделением Казгидромета, приведён на Рисунке 2.

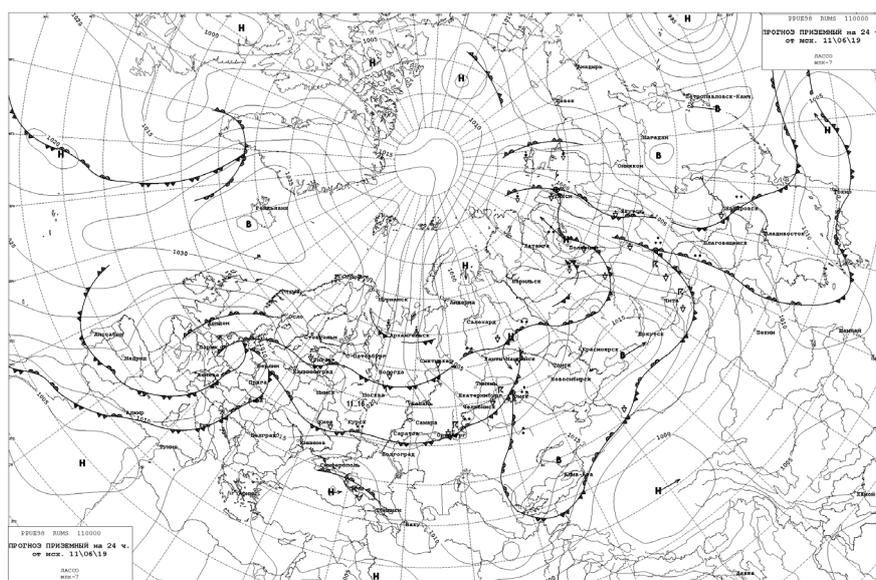


Рисунок 2 Карта прогноза развития метеорологических процессов на 12 июня 2019 года

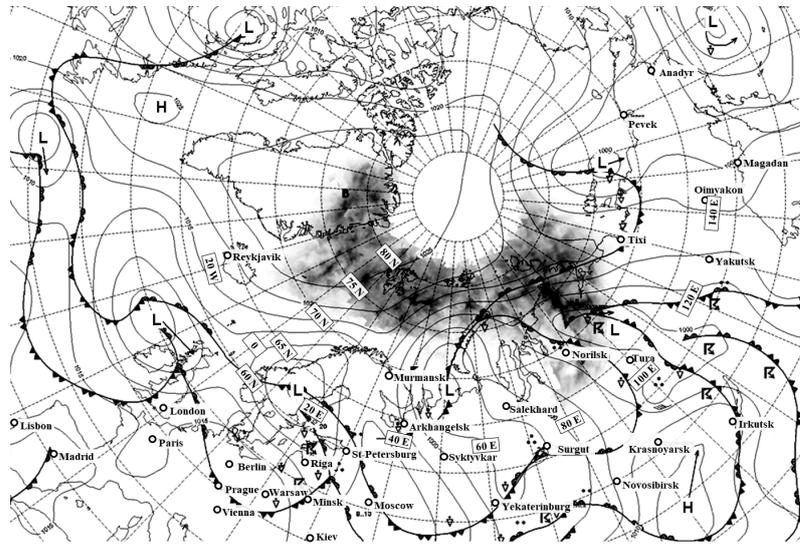


Рисунок 4 Карта на ту же дату, построенная по новой методике [3]

В данном случае метеокарта, как и в оригинале, оставалась белой, а изображение поля серебристых облаков инвертировалось в негативное. Благодаря более высокому контрасту картины, низкоширотные детали поля серебристых облаков стали проследиваться до более низких широт.

Как мы отметили выше, определённую сложность представляло наложение двух типов карт. И это несмотря на кажущуюся простоту одновременного совмещения координатных сеток и материковых границ. Значительно снизить трудоёмкость построения синтетических карт позволила простая идея предварительной подготовки их компонентов. Сущность подготовки заключалась в том, что как на карте облачного поля, так и на метеокarte выделялся цветом круг широты 60° и меридиан, соответствующей долготе 90° (Рис. 5).

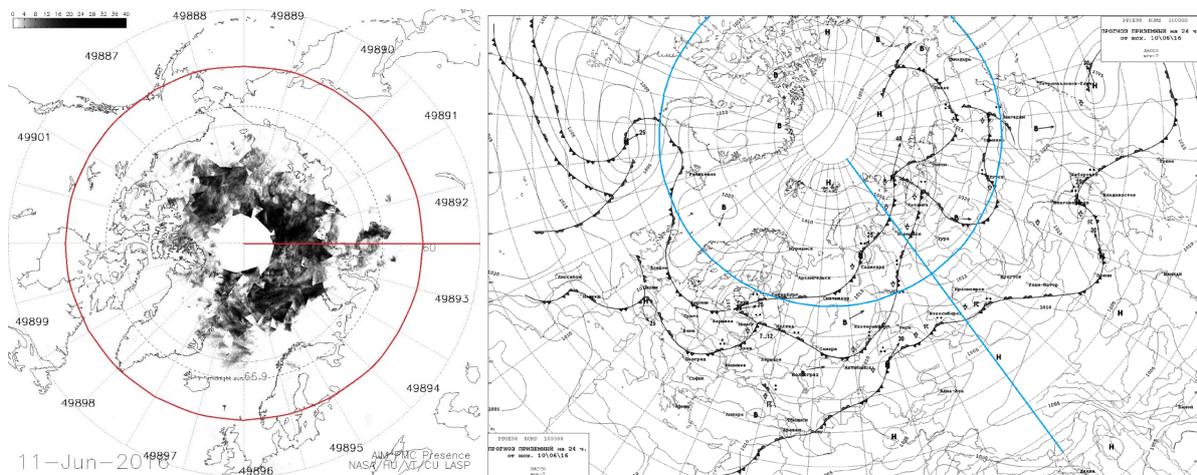


Рисунок 5 Подготовленные к совмещению: слева негативное изображение поля серебристых облаков; справа метеорологической карты на соответствующую дату

В дальнейшем в программе обработки изображений, выделенные круги и меридианы вручную совмещались с высокой точностью. При этом автоматически достигалась высокая степень совмещения географических элементов изображений. Таким образом, получался продукт позволяющий объективно выявлять влияние развития тропосферных процессов на генезис и эволюцию полей серебристых облаков (Рис. 6).

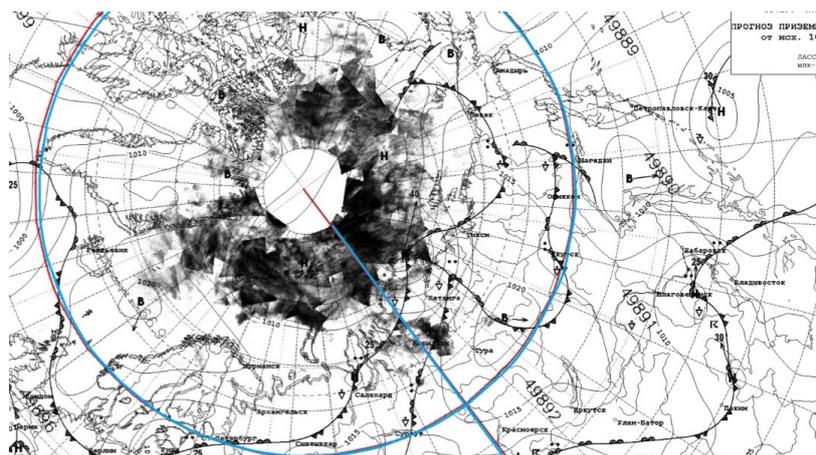


Рисунок 6 Завершающий этап построения синтетической карты на 11 июня 2016 года

Заключение

Анализ комплекса таких карт за один, а лучше за несколько сезонов видимости МСО позволит получить максимально точные выводы о характере и причинах влияния крупномасштабных тропосферных процессов на явления, протекающие на высотах мезосферы. При этом желателен переход от качественного к количественному анализу, то есть производству линейных измерений взаимного расположения исследуемых феноменов.

Литература:

1. Солодовник А.А. Журавлёв П. Л / Методика и первые результаты картографического анализа связи генезиса серебристых облаков с метеорологией тропосферы/ Сборник материалов XII Международной научно–практической конференции «Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований», Новосибирск, 2014, – С. 17-22
2. Солодовник А.А., Шакимова Г.Б. / Генезис серебристых облаков как маркер тропосферно-мезосферных связей/ Материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения – 2017 Казахстан и современные вызовы времени» Петропавловск, 2017, Т.2, с. 166-170.
3. Solodovnik A. A., Leontyev P. I. and Dalin P. Studies of the influence of tropospheric factors on the formation of noctilucent clouds by a cartographic method. - Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, V. 200 (2020), 105224.