

А. А. СОЛОДОВНИК, В. Н. КРЮЧКОВ, Д. А. КУДАБАЕВА,
А. А. ЛЕОНЧЕНКО, Г. А. КИРИЕНКО*

СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА: ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ И ВОПРОС О ДЕФИНИЦИЯХ

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
*ДТОО «Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова», г. Алматы

По данным четырёх сезонов наблюдений изучено влияние тропосферных явлений на образование мезосферных серебристых облаков (МСО). Показана возможность оперативного прогнозирования появления МСО на основе точных метеорологических данных. Доказана принципиально единая природа полярных мезосферных облаков и серебристых облаков умеренных широт.

Отмеченное в последнее время повышение интереса к изучению мезосферных серебристых облаков (МСО) определяется своеобразием природы объекта, связавшего, по сути, широкий круг явлений ближнего космоса и атмосферно-климатических процессов. За 125-летнюю историю изучения МСО определены некоторые общие параметры и характеристики таких облаков, но по-прежнему далека от решения проблема их происхождения [1-3]. А разрешить её в деталях крайне интересно и важно, поскольку ответ, скорее всего, содержит в себе ключевую информацию о направлении и причинах изменения земного климата. Это вопрос номер один, и он «вопрос высокого полёта». Как ни странно, но существует и, казалось бы, совсем простой вопрос о дефинициях. Так, традиционно укоренилось называть серебристыми облаками (МСО) те облачные образования, которые видны летними сумерками в пунктах наблюдения умеренных широт (от 45° до 60°). Но есть объекты, наблюдаемые в проблемных условиях белых ночей и даже полярного дня (из космоса, конечно) в области сугубо полярных широт. Их именуют полярными мезосферными облаками (ПМО). Тогда, естественно, возникает вопрос номер два: следует ли считать МСО и ПМО генетически родственными образованиями [4] или их происхождение различно?

Изучение серебристых облаков – важная часть астрономических исследований в СКГУ с 1994 года. Анализ накопленных данных и опыт теоретических изысканий позволили в 2005 году выдвинуть и обосновать концептуальную идею о связи возникновения полей МСО с такими специфическими атмосферными явлениями как грозовая активность и атмосферные фронты [5]. В рамках такого подхода особенный смысл приобрели синоптические наблюдения МСО в режиме мониторинга, который и проводился в сезоны 2006–2010 годов. Важнейшей целью таких наблюдений стало уточнение геофизических и метеорологических явлений, сопутствующих их появлению [6].

Постановка наблюдательной части работы вполне традиционна. На весь летний период организуются ежесуточныеочные патрульные наблюдения МСО с использованием цифровых фотокамер. Для снижения влияния неблагоприятных погодных условий задействуется не менее двух разнесенных пунктов. Параллельно проводилась работа по накоплению базы метеорологических данных в виде стандартных карт распределения по земной поверхности и на разных высотах в атмосфере таких величин как давление, температура, направление и скорость ветров, положение и перемещение циклонов, атмосферных фронтов и грозовых очагов. Особое внимание на картах обращалось на тот регион, над которым из пункта наблюдения (г. Петропавловск) можно регистрировать поля серебристых облаков, и на прилегающие территории. Географически это, прежде всего, север Тюменской области и Северный Урал (рис. 1).

В ходе обработки ежедневные карты дешифрировались с целью выделения (территориально и во времени) ситуаций, благоприятствующих образованию полей серебристых облаков за счёт переноса некоторой массы водяных паров из тропосферы в мезосферу. К числу таких ситуаций, в соответствии с нашей концепцией, мы относим:

- прохождение холодных атмосферных фронтов с грозами вблизи тех территорий, над которыми возможно наблюдение МСО из Петропавловска;

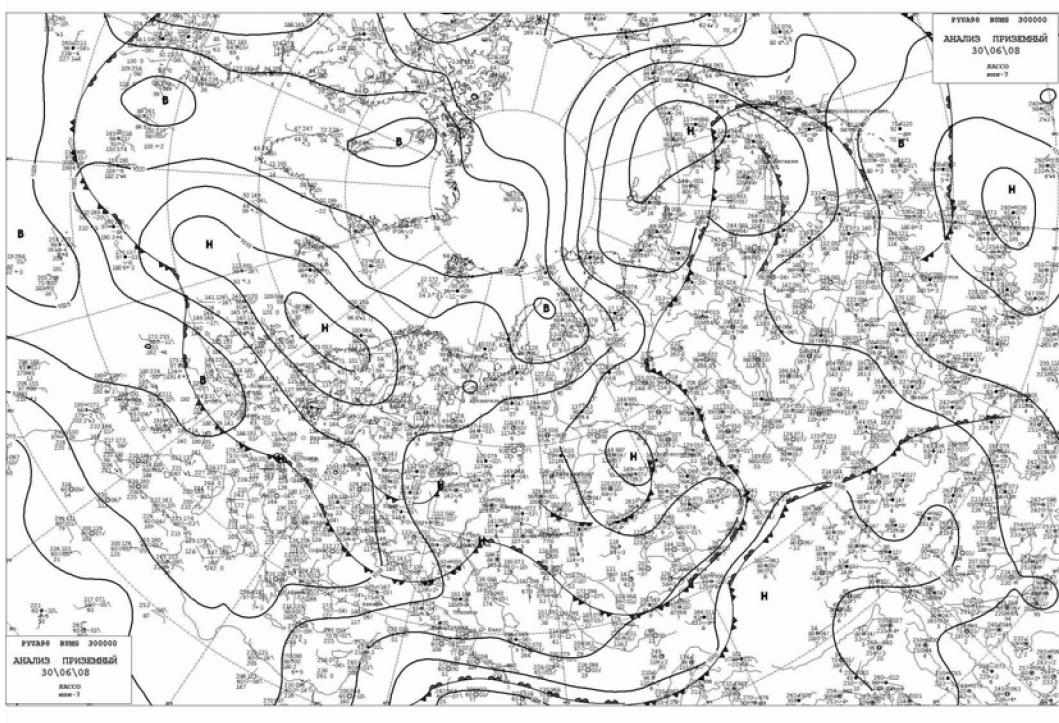


Рис. 1. Карта метеорологической обстановки на 30.06.2008

- наличие мощных грозовых очагов (конвективных гроз) в районе или вблизи тех же территорий;
- прохождение глубоких циклонов через Уральский хребет в область видимости МСО из Петропавловска;
- быстрое формирование окклюзий в зоне наблюдаемости МСО из Петропавловска.

По данным дешифрирования метеорологических карт составлялся прогноз видимости МСО из Петропавловска, который затем сопоставлялся с данными их синоптических наблюдений из ряда пунктов, сведенных в единый массив. Анализ выполнялся в присутствии независимого эксперта. В частности, первичные результаты анализа для 2010 года таковы.

В шести случаях из тринадцати предсказанных появления МСО полностью подтверждены наблюдениями. Еще в трёх случаях расхождения составили 1-2 суток. В трёх случаях наблюдениям МСО препятствовала пасмурная погода. И лишь в одном случае отмечено противоречие предсказания наблюдениям.

Несмотря на благоприятный результат сопоставления предсказаний с данными наблюдений, есть смысл углубить подход. Для повышения корректности суждений о работоспособности метода предсказаний появления МСО необходимо было устранить действие двух помех:

- первая связана с влиянием неблагоприятных метеорологических условий (пасмурной погоды) на видимость полей МСО из Петропавловска;
- вторая обусловлена неопределенностью ситуаций на метеорологических картах (карты даны через суточный временной интервал), когда выявить условия, благоприятные для образования МСО, не всегда представлялось возможным.

В первом случае корректный подход требует анализа данных о наличии МСО либо от целой сети наблюдателей, расположенных в удалении от центрального пункта, либо данных от наблюдателя, которому доступна вся поверхность северного полушария Земли. Первый путь нереален по очевидным причинам. Зато второй оказался весьма перспективен благодаря доступности данных о глобальном распределении полей мезосферных облаков, полученных со спутника AIM. Этот научный ИСЗ, запущенный в начале 2007 года, имеет целью изучение полей серебристых облаков. Среди доступных данных, полученных им, имеются ежесуточные карты распределения полей мезосферных облаков в северной полярной области (рис. 2). На их основе мы

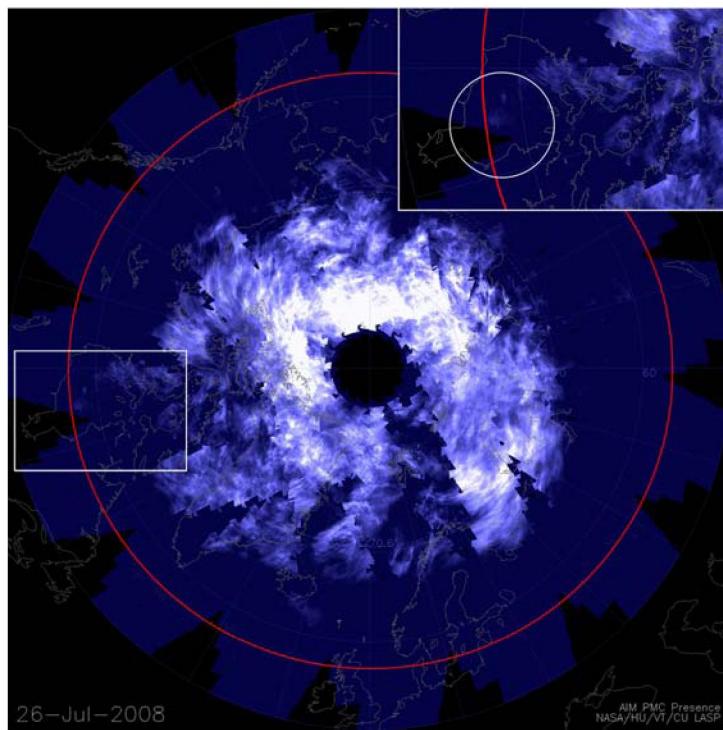


Рис. 2. Изображения полей мезосферных облаков (светлые детали) над северной полярной областью Земли

откорректировали результаты синоптических наблюдений МСО из Петропавловска на те даты, когда наземные наблюдения были невозможны. Надо заметить, что данные AIM в этом отношении очень удобны, поскольку распределение облачных полей накладывается на привычную карту земной поверхности. Благодаря этому, мы смогли не только оценить возможность видимости облачных полей из Петропавловска, но и определить на снимках предельные (к югу) широты распространения полей ПМО (рис. 2).

Влияние второй помехи устранилось не менее эффективным путём. В сети Интернет обнаружен существующий с 2005 года сайт «гр5.ru; Расписание погоды», содержащий самые подробные метеорологические данные (в том числе о грозовых явлениях) для большей части поверхности планеты. Для определённой сети пунктов, находящихся в зоне видимости МСО из Петропавловска, получены требуемые дополнения и уточнения к метеорологическим картам. Они позволили разрешить практически все неопределённости в описании метеорологических ситуаций с интересующей нас точки зрения, обозначив грозовые явления, прохождение циклонов и другие подобные явления.

С учётом всех дополнений удалось улучшить эффективность прогнозирования появления МСО в зоне видимости из Петропавловска. По данным на 2009–2010 годы точность прогнозов составила около 85%. В дальнейшем планируется обработать таким же способом результаты наблюдений МСО в 2007–2008 годы и модернизировать метод на базе данных наблюдений МСО в 2011 году.

МСО и ПМО – два типа облаков или единое образование? Рассмотрим второй вопрос. Следует отметить, что различию в названиях облачных полей в англоязычной библиографии не придается радикально важного значения [4]. Тем не менее, во избежание терминологических недоразумений его следует рассмотреть. Сама его постановка стала возможной, благодаря наличию обширной базы изображений полей серебристых облаков, полученных спутником AIM. Доступные нам данные включают ежесуточные изображения облачных образований в мезосфере северного полушария Земли в сезоны 2007–2010 годов. Одно из таких изображений представлено на рис. 2. На оригинальных снимках проведены параллели (через 10° градусов) и что особенно важно – обозначена граница полярного дня. Благодаря последнему обстоятельству, нами установлено, что подавляющая часть облачного поля на снимках AIM постоянно находится внутри области незаходящего Солнца. То есть формально это поле следует считать Полярными Мезосфер-

ными Облаками. Таким образом, в силу специфики метода наблюдений космический аппарат надежно регистрировал именно полярные мезосферные облака и лишь частично привычные нам мезосферные серебристые облака.

База включает более 500 изображений и является полной в смысле территориального покрытия и во временной развертке – изображения перекрывают месяцы с мая по сентябрь. Большое количество изображений позволило создать анимации, демонстрирующие динамику облачных полей в каждом из сезонов. Оказалось, что облачное поле в большинстве случаев остаётся внутри широтной зоны полярного дня, лишь изредка достигая широт доступных наблюдениям из умеренного пояса.

Имеющиеся данные позволили изучить ход активности облакообразования в течение сезонов их видимости. Для этого по снимкам, обработанным по специальному алгоритму, найдены относительные площади (как доли от общей площади изображения) полей облачности на каждую дату. Параллельно определялось относительное содержание облачного аэрозоля в мезосфере. По результатам обработки изображений были построены графики внутрисезонного хода этих параметров и сводные по всем сезонам графики (рис. 3 и 4). Как мы указали, большая часть площади облачных полей в свете традиционного подхода могла быть отнесена именно к ПМО. При этом крайне симптоматично практически полное совпадение дат появления и исчезновения облачных полей из года в год. Причём ветви спада активности облакообразования в различные сезоны практически совпадают.

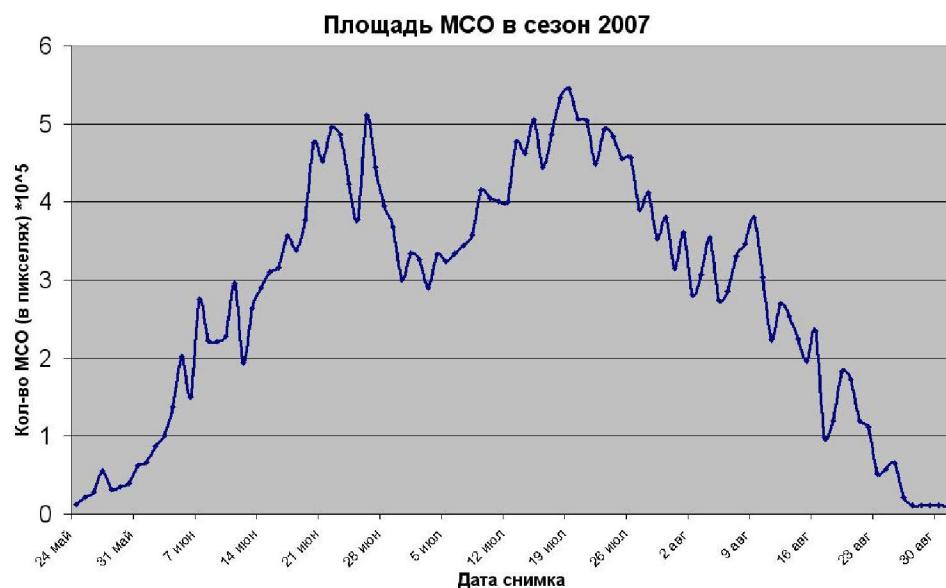


Рис. 3. Изменение относительной площади поля МСО в сезон 2007 года



Рис. 4. Сводный график хода относительной площади МСО в 2007–2010 годы

Но самое удивительное – наличие чётко выраженных максимумов площади полей ПМО, которые практически совпадают со средними многолетними максимумами МСО [1-3]. Они, как известно, приходятся на середину июля. Среди прочих особо интересен сезон 2007 года, когда наблюдался двойной максимум площади ПМО. Подобное поведение свойственно и привычным нам МСО. По-нашему мнению, совпадение статистических характеристик феноменов говорит если не о тождестве их, то о тесном родстве. Эта родственность порождается действием сезонного механизма транспортировки водяных паров в мезосферу полярных областей и регулировкой температурного режима в этой области. При этом Полярные мезосферные облака являются постоянно действующим (фоновым) феноменом летнего сезона. В то же время в области умеренных широт могут действовать и иные механизмы, стимулирующие образование МСО. В их качестве мы рассматриваем метеорологические явления: грозы, холодные фронты, окклюзии, циклоны. Такой взгляд подтверждается и тем обстоятельством, что некоторые факты регистрации МСО из Петропавловска не зарегистрированы на снимках AIM. Космическому аппарату для полноты обзора требуются сутки, а за это время локальные среднеширотные поля мезосферных облаков могли возникнуть, развиться и исчезнуть.

Нельзя сказать, чтобы вопрос о существовании двух форм мезосферных облаков бурно дискутировался. Некоторым основанием для его поддержания являются сведения о наличии нескольких высотных уровней МСО [2]. Впрочем, этот факт можно трактовать и с точки зрения единства природы ПМО и МСО. Ведь различие в высотах прекрасно объясняется различием в высоте уровней с одинаковой температурой в полярной мезосфере и в мезосфере умеренных широт [7]. Учтём и то, что с переходом от приближенных методов измерений высот к более точным, лидарным и радарным, диапазон высот мезосферных облаков резко сужается от былых 75–93 км до 82–87 км [4]. Кроме того, моделирование серебристых облаков также свидетельствует о единстве их поля в диапазоне от полюса и до умеренных широт [8]. Подход, используемый в моделировании, базируется на достоверных данных о динамике атмосферы (рис. 5).

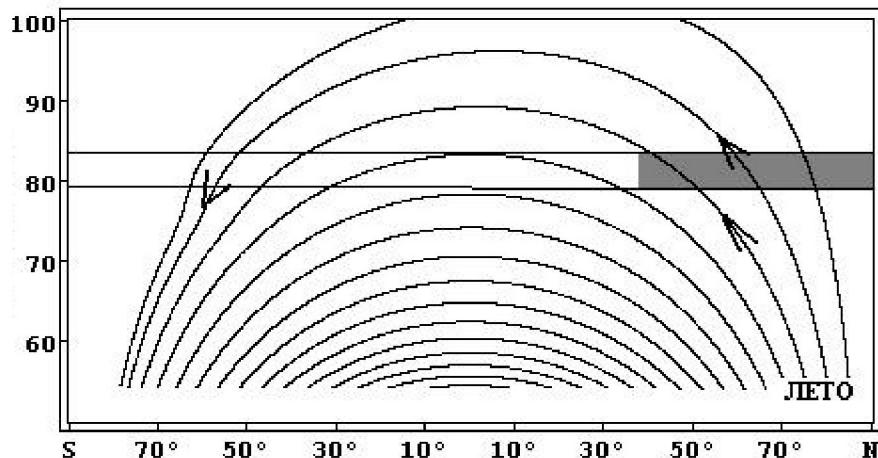


Рис. 5. Траектории движения воздушных масс в мезосфере и нижней термосфере вблизи солнцестояния.
Эти движения приводят к формированию поля мезосферных облаков (заптихованная полоса).
По вертикальной оси даны высоты в км, по горизонтальной - широты

Весьма любопытно и то обстоятельство, что картина изменений относительной площади мезосферных облаков имеет заметную периодичность. При этом наиболее выражены периоды 2–3-суточные, и только в сезон 2008 года преобладали 7-суточные периоды. Точно такую 2–3-суточную периодичность имеют и планетарные гравитационные волны на уровне мезосферы, как показано в работе [9].

Резюмируя, отметим важнейшие результаты работы:

- разработан действенный метод предсказания появления МСО на основе данных метеорологических наблюдений;
- косвенно подтверждена лежащая в основе метода предсказания появления полей МСО новая концепция их происхождения;

- показано единство происхождения и эволюции полярных мезосферных облаков (ПМО) и мезосферных серебристых облаков (МСО), свидетельствующее об условном разделении одного феномена по способу наблюдения;
- с очевидностью показано влияние внутренних гравитационных волн на образование общего для полушария Земли поля мезосферных облаков.

Все это уже сейчас позволяет говорить о перспективности поставки и проведения в РК космического эксперимента или эксперимента с использованием авиационной техники с целью опытной проверки развиваемой нами концепции происхождения серебристых облаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронштэн В.А., Гришин Н.И. Серебристые облака. М.: Наука, 1970. 360 с.
2. Бронштэн В.А. Серебристые облака и их наблюдение. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1984. 128 с.
3. Васильев О. Б. Астрофизические исследования серебристых облаков. Астросовет АН СССР. 1967.
4. Lübken F.-J., Baumgarten I.G., Fiedler I.J., Gerding I.M., Höffner I.J., Berger U. Seasonal and latitudinal variation of noctilucent cloud altitudes // GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 35, L06801, doi:10.1029/2007GL032281, 2008
5. Солововник А.А. Атмосферное электричество и происхождение серебристых облаков // Земля и Вселенная. 2007. № 6.
6. Солововник А.А., Кудабаева Да. Метеорология тропосферы и серебристые облака // Мат-лы междунар. конф. «Космос на благо человечества – взгляд в будущее». Астана, 6-7 января 2011. С. 83-85.
7. Солововник А.А., Лазарев С.В. Метеорологические явления в тропосфере и проблема происхождения серебристых облаков // Информационно-аналитический обзор ЦНТИ Северо-Казахстанской области. 2007. 24 с.
8. Кайдалов О.В. Исследование пространственно-временной эволюции продуктов сгорания и выбросов компонентов ракетных топлив в околоземном космическом пространстве и атмосфере и оценка последствий их воздействий на процессы образования мезосферных облаков и загрязнения приземной атмосферы методом физико-математического моделирования // Отчет по гранту № 01-05-96010, Калужский региональный центр им. А. В. Дерягина, 2004. С. 465-476.
9. Dalin P., Pertsev N., Dubietis A., Zaleik M., Zadorozhny A., Connors M., Schofield G., McEwan T., McEachran L., Frandsen S., Hansen O., Andersen H., Sukhodoev V., Perminov V., Balciunas R., Romejko V. A comparison between ground-based observations of noctilucent clouds and Aura satellite data // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. С. 13 (препринт).

A. A. Солововник, В. Н. Крючков, Да. Кудабаева, А. А. Леонченко, Г. А. Кириенко

КҮМІСТЕЙ БҰЛТТАР: ОЛАРДЫҢ ЖАСАЛУ ЖОЛЫ ЖӘНЕ ТҮСІНДІРУ МӨСЕЛЕЛЕРІ

Мезосфералық күмістей бұлттардың (МКБ) жасалу жолына тропосфералық құбылыстардың әсері төрт мезгілде бақылау мәліметтері арқылы зерттелді. Метеорологиялық дәл мәліметтер негізінде МКБ пайда болуы мүмкіндігі оперативті болжамаларда көрсетілген. Шектелген ендіктегі күмістей және полярлы мезосфералық бұлттардың табиғаты бірдей болатындығы дәлелденген.

A. A. Solodovnik, V. N. Kruchkov, D. A. Kudabaeva, A. A. Leonchenko, G. A. Kirienko

THE NOCTILUCENT CLOUD: THE PROBLEM OF FORMATION AND ONE QUESTION ABOUT DEFINITIONS

The influence of troposphere phenomena on the Noctilucent Cloud (NLC) formation are studied on the base of four seasons observation data. The possibility of prognosticate NLC appearance by meteorological data analysis is shown. The principal identical nature of Polar Mesospheric Cloud and Noctilucent Cloud is proved.