

УДК 551.510.533:551.576:528.71

АНАЛИЗ ПОЛЕЙ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ ПО ДАННЫМ СЕТЕВОЙ НАЗЕМНОЙ И САМОЛЕТНОЙ ФОТОСЪЕМОК

© 2024 г. Н. Н. Перцев^{a,*}, П. А. Далин^{b,c}, В. И. Перминов^a, Н. К. Гусев^d, Е. Ю. Цимеринов^e, А. А. Солодовник^f, А. М. Задорожный^g, Д. В. Коротышкин^h, Г. С. Бордонскийⁱ

^aИнститут физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Пыжевский пер., 3, Москва, 119017 Россия

^bШведский институт космической физики, Vox 812, Кируна, SE-981 28, Швеция

^cИнститут космических исследований РАН, Профсоюзная ул., 84/32, Москва, 117997 Россия

^dЗаволжский городской художественно-краеведческий музей, ул. Фрунзе, 2, Заволжск, 155412 Россия

^eЦентр наблюдения и изучения серебристых облаков, Чонгарский бульв., 21, Москва, 117452 Россия

^fСеверо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, ул. Жумабаева, 114, Петропавловск, 150000 Казахстан

^gНовосибирский государственный университет, ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090 Россия

^hКазанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008 Россия

ⁱИнститут природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, ул. Недорезова, 16а, Чита, 672014 Россия

*e-mail: n.pertsev@bk.ru

Поступила в редакцию 07.11.2023 г.

После доработки 10.01.2024 г.

Принята к публикации 28.02.2024 г.

В статье анализируются поля серебристых облаков над территорией РФ, зафиксированные наземной сетью фотокамер с использованием также самолетной фотосъемки, в течение двух ночей в июне 2021 г. Продемонстрировано, что самолетная съемка может существенно улучшать покрытие территории вероятного появления серебристых облаков. Обнаруженные поля серебристых облаков сопоставляются с модельными областями конденсации водяного пара, полученными с помощью спутниковых измерений температуры и отношения смеси водяного пара. Предлагаются практические шаги по развитию самолетных наблюдений серебристых облаков.

Ключевые слова: серебристые облака, мониторинг, самолетная фотосъемка, сеть наземных фотокамер

DOI: 10.31857/S0002351524020089 EDN: KPZIIIG

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг изменчивых мезосферных (серебристых) облаков (С.О.) верхней мезосферы проводится с помощью сети наземных фотокамер, расположенных на широтах 55° – 57° Северного полушария [Dalín и др., 2008; Dubietis и др., 2011], а также искусственных спутников с околополярными орбитами. И наземные, и спутниковые способы мониторинга, осуществляемого в летнее время, когда они появляются в высоких и средних широтах, имеют достоинства и недостатки [Dalín и др., 2020], но даже их объединение не дает достаточно полной картины изменчивости полей С.О. в пространстве и времени. Вместе с тем, в настоящее время имеется мало использованный потенциальный источник информации о

С.О., базирующийся на ночных полетах самолетов на дальние расстояния.

Летом 2019 г. впервые было проведено комплексное наблюдение и изучение С.О. с бортов регулярных авиарейсов японской авиакомпании All Nippon Airways [Suzuki и др., 2022]. На борту самолетов были установлены малогабаритные легкие камеры GoPro HERO 7 для визуальной регистрации С.О. через иллюминаторы. Всего было выполнено 13 авиарейсов между Японией и Северной Америкой, и между Японией и Западной Европой. В результате анализа данных было установлено, что из этих 13 полетов серебристые облака были зафиксированы в 8-ми случаях на средних и субполярных широтах. По результатам данных тестовых наблюдений было показано, что

авиалайнер является мощным инструментом для непрерывного контроля частоты появления С.О. на средних широтах, что обычно затруднительно делать со спутников, находящихся на полярных орбитах, из-за их редкой выборки наблюдений С.О. на средних широтах.

Российская Федерация с ее подходящей зоной широт и уникальной зональной протяженностью обладает весьма благоприятным потенциалом для таких самолетных наблюдений. В настоящей работе рассматриваются результаты пробных наблюдений во время двух ночей с использованием не только сетевых наземных наблюдений, но и фотосъемки, проведенной с самолета во время двух пассажирских авиарейсов Москва–Иркутск и Иркутск–Москва в июне 2021 г. Обсуждается перспективность более широкого использования самолетной фотосъемки для изучения С.О.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ

В настоящей работе использовались данные наземной сети автоматической фотосъемки серебристых облаков [Dalin и др., 2008; Dubietis и др., 2011], которая в период 13–22 июня 2021 г. включала в себя следующие пункты (здесь перечислены только пункты в Российской Федерации и Северной части Казахстана, с запада на восток): Обнинск (55° с.ш., 37° в.д.), Красногорск (56° с.ш., 37° в.д.), Заволжск (57° с.ш., 42° в.д.), Казань (56° с.ш., 49° в.д.), Петропавловск (55° с.ш., 69° в.д.), Новосибирск (55° с.ш., 83° в.д.). На возможность обнаружения С.О. по данным наземных фотокамер влияли локальные погодные условия, различные в разных пунктах. Использовались также фотоснимки и записи отдельных наземных наблюдателей, в том числе и собранные на сайте meteoweb (<http://meteoweb.ru/astro/nlc/map.php?date=2021-6-13>, <http://meteoweb.ru/astro/nlc/map.php?date=2021-6-21>), самолетные наблюдения и съемка с пассажирского самолета (ПС) во время ночных авиарейсов Москва–Иркутск 13/14 июня и Иркутск–Москва 21/22 июня. Примеры наземных и самолетных фотоизображений С.О. даны на рис. 1. Поскольку большая часть обоих полетов проходила выше тропосферных облаков, результаты самолетных наблюдений менее зависели от погодных условий, однако движение ПС относительно сол-

нечного терминатора налагало другие ограничения. При полете на восток ПС довольно быстро пролетел весь ночной сектор пути (ночной участок выше тропосферных облаков продолжался 1 ч 23 мин), перекрывая при этом сравнительно небольшой участок (19°) долгот, где было возможно наблюдение С.О. по световым условиям. Быстрому окончанию сумерек способствовало постепенное смещение ПС к северу до 59.6° с.ш. При полете на запад ПС перемещался приблизительно со скоростью солнечного терминатора, так что производился разрез большого интервала долгот (63°) фактически при фиксированном местном солнечном времени (LST) 21 ч 50 мин ÷ 22 ч 15 мин. Соответствующая длительность по УТ (выше тропосферных облаков) составила 4 ч 42 мин. При этом эволюция облачных полей относительно местного времени оставалась не наблюдаемой с ПС, но было возможно проследить эту эволюцию относительно всемирного времени. Отслеживание пространственно-временных координат ПС осуществлялось при помощи международного авиационного архива Flight Aware <https://ru.flightaware.com/live/flight/AFL1442/history/20210613/1825Z/UUEE/UIII/tracklog>, <https://ru.flightaware.com/live/flight/AFL1565/history/20210621/1435Z/UIII/UUEE/tracklog>.

Иногда, в некоторой области долгот и местного солнечного времени, на интересующих нас широтах 55 – 64° с.ш., С.О. регистрировались фотокамерами прибора CIPS ультрафиолетового диапазона, установленными на американском спутнике AIM (<https://lasp.colorado.edu/aim/>). К сожалению, в рассматриваемые две ночи работа этого аппарата была сконцентрирована на других долготах. Однако в ночь 21/22 июня все же было одно пересечение спутниковых и наземных наблюдений по времени и долготе (УТ 19:55, 50° – 70° в.д.), но соответствующая камера CIPS снимала в этот момент лишь севернее 67° с.ш. (и зафиксировала С.О. на 67° – 68° с.ш.), тогда как наземные и самолетные наблюдения позволяли видеть С.О. до $\sim 64^\circ$ с.ш.

Для сопоставления наблюдаемых полей С.О. с полями насыщенного водяного пара в работе используются карты полей температуры и концентрации водяного пара примерно на высоте образования С.О. (~ 85 км) в ночное время

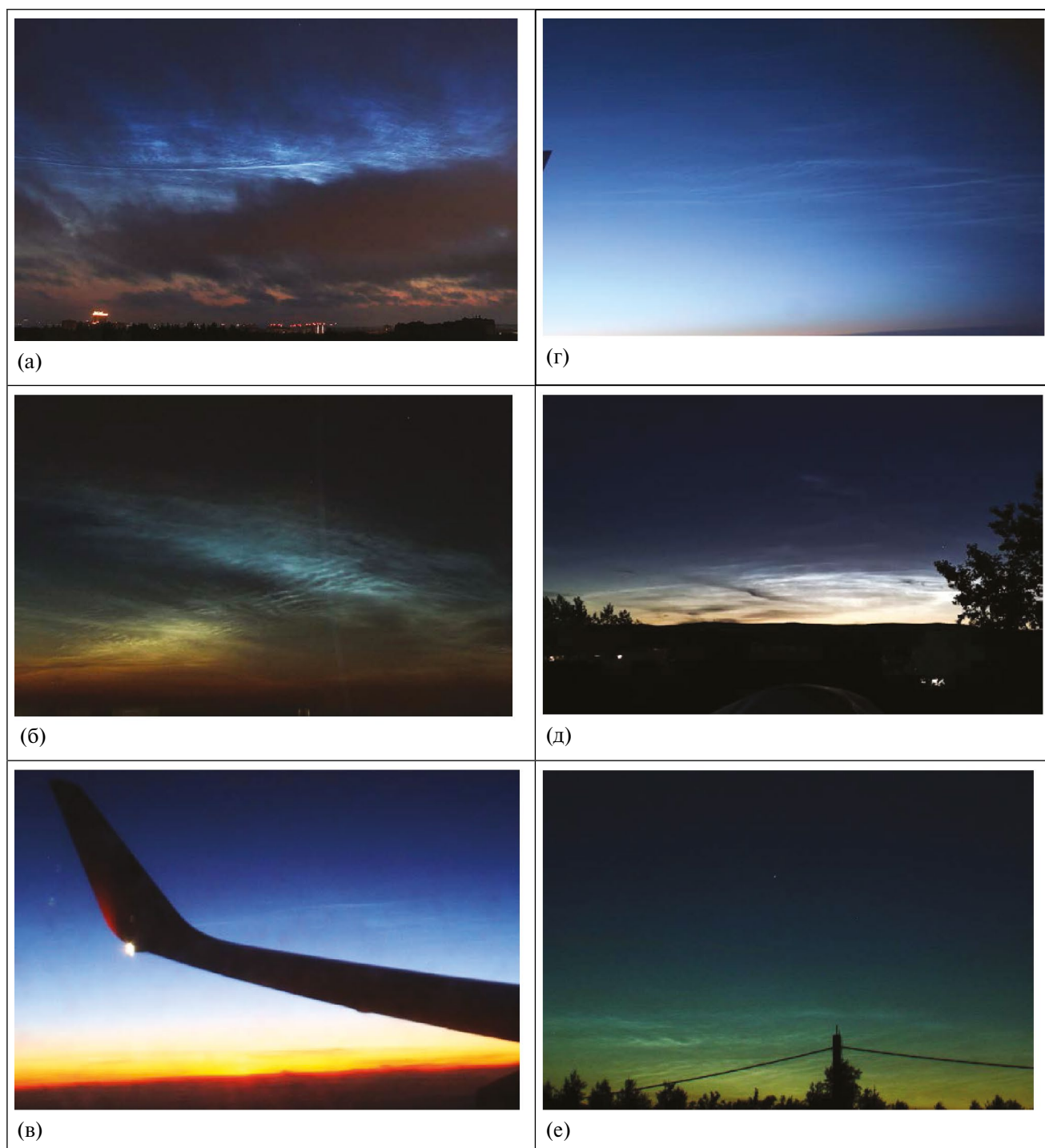


Рис. 1. Наземные и самолетные фотоснимки С.О. 13/14 (а–в) и 21/22 июня (г–е) 2021 г.: Новосибирск, 55° с.ш. 83° в.д., UT 19:56 (а); Петропавловск, 55° с.ш. 69° в.д., UT 20:07 (б); ПС, 59.5° с.ш. 54° в.д., UT 21:05 (в); ПС, 55° с.ш. 94.5° в.д., UT 15:42 (г); Преображенка 52° с.ш. 113° в.д., UT 17:59 (д); Заволжск, 57° с.ш. 42° в.д., UT 21:29 (е). Наземные снимки (а, б, д, е) ориентированы приблизительно на север, самолетные (в, г) – на северо-северо-восток. Снимок (в) показывает одновременно С.О. и край восходящего Солнца, что едва ли осуществимо при наземных наблюдениях.

Таблица 1. Сведения о С.О. и условиях их наблюдений 13/14 июня 2021 г.

Место наблюдения	Подмосковье	Заволжск	Казань	Самолет высота 10.67 км	Ирбит	Петропавловск	Новосибирск
Φ_0° , с.ш.	55–56	57	56	59.1–59.6	58	55	55
A_0° , в.д.	37	42	49	48.5–57.5	63	69	83
UTр	20:40–23:30	20:00–23:00	–	19:55–21:19	18:45–21:20	18:00–21:10	17:00–20:47 ¹
UT начала набл С.О.	20:55	–	–	20:42	18:45	18:03	17:00
UT конца набл С.О.	22:20	–	–	21:19	21:20	21:08	20:47
LST начала набл С.О.	23:23	–	–	23:56	22:57	22:39	24:32
LST конца набл С.О.	24:48	–	–	25:09	24:32	25:44	26:19
Формы С.О.	1, 2а	–	–	1, 2а, 2б	?	1, 2а, 2б, 3а	1,2а,2б
Направление движения полей	На ЮЗ	–	–	?	?	На З	На З
Диапазон зенитных расстояний (°)	78÷83	–	–	84.5÷86	≥78	74÷86	66÷78
Диапазон азимутов (°)	–30÷10	–	–	–10÷10 ²	~0	–90÷30	–45÷45
Φ° , с.ш.	59÷61	–	–	63÷64	≥61	55÷61	57÷58
A° , в.д.	35–37	–	–	56.3	63	65÷72	81÷85

Примечания. ¹ В Новосибирске С.О. видны в просветах тропосферной облачности.

² Азимут поля С.О. постепенно смещался относительно ПС с северо-востока на северо-запад. Диапазон азимутов указан для UT 21:14, $A_0 = 56.3^\circ$ E.

(02:30–03:00 LST), полученные прибором MLS спутника Aura (https://acdisc.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/Aura_MLS_Level2/).

СВОДКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАЗЕМНЫХ И САМОЛЕТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты наземных и самолетных наблюдений в ночи 13/14 и 21/22 июня 2021 г. сведены в табл. 1 и 2 соответственно. Указанные в них всемирное (UT) и местное солнечное (LST) время относятся к вечерней дате, а время, превышающее 24 ч, означает переход на следующую дату. В строке UTр указан диапазон UT, внутри которого С.О. могли быть видимы по погодным и световым условиям, либо прочерк при полном отсутствии условий. В последнем случае прочерк ставился и во всех ниже следующих ячейках этого столбца. Незаполненные ячейки таблицы означают отсутствие видимости С.О. при наличии благоприятных условий для их наблюдения. Широта и долгота мест наблюдения обозначены через Φ_0 и A_0 , а рассчитанных наблюдаемых полей С.О., – через Φ и A соответственно. Для

самолетных наблюдений диапазон Φ_0 и A_0 указывались лишь для того участка траектории, где тропосферные облака и дневной свет не мешали видимости С.О. Формы С.О. приведены согласно морфологической классификации [Гришин, 1954; Бронштэн, Гришин, 1970]. Зенитные расстояния С.О. и их азимуты (отсчитываемые от направления на север по ч.с.) оценивались по фотоснимкам с использованием положения звезды Капеллы и ее смещения между двумя кадрами.

СОПОСТАВЛЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ И РАССЧИТАННЫХ ПОЛЕЙ С.О.

После оценки зенитных расстояний и азимутов С.О. они пересчитывались с помощью стандартных формул в широты и долготы полей С.О. (последние две строки табл. 1 и 2), в предположении, что их высота над уровнем моря составляет 82 км (что близко к средней высоте С.О. по многолетним данным) при использовании геодезического радиуса кривизны земной поверхности 6382 км в нужном диапазоне широт [Бронштэн, 1984].

Таблица 2. Сведения о С.О. и условиях их наблюдений 21/22 июня 2021 г.

Место наблюдения	Подмосковье	Заволжск	Нижн. Новгород	Казань	Петропавловск	Новосибирск	Самолет Выс. 9.7÷11.0 км (часть без С.О.)	Самолет Выс. 10.2÷11.0 км (часть с С.О.)	Преображенка
Φ° , с.ш.	55–56	57	56	56	55	55	55.9÷58.7	53.7÷56.0	52
A° , в.д.	37	42	44	49	69	83	92.5÷40.0	103.1÷92.5	113
УТр	19:00–23:59	19:46–23:45	20:30–21:03	18:10–23:30	18:05–21:20	–	15:53–19:40) ¹	14:58–15:53 ¹	17:59 (один снимок)
УТ начала набл-я С.О.		20:00	20:30		20:48	–		14:58	17:59
УТ конца набл-я С.О.		22:38	21:03		21:15	–		15:53	17:59
LST начала набл-я С.О.		22:48	23:26		25:24	–		21:50	25:30
LST конца набл-я С.О.		25:26	23:59		25:51	–		22:03	25:30
Формы С.О.		1, 2а, 3а	?		1, 2а	–		1, 2 аб, 3 ав, 4 б	1, 2а
Напр-е движ-я полей		На 3	?		На ЮВ	–		?	?
Диап-н зенит-х расст-й (°)		57.5 ÷ 88	80÷?		60÷83	–		70÷83	80÷85
Диап-н азимутов (°)		–20÷45	0		–50÷75	–		0÷60 ²	–10÷20
Φ° , с.ш.		58÷64	60÷?		56÷59.5	–		57÷59	55.5÷57.5
A° , в.д.		40÷46	44		67÷72	–		97÷101	112÷115

Примечания. ¹ При этом LST самолета почти постоянно (в пределах 21:50÷22:15).

² Азимут поля С.О. постепенно смещался относительно ПС с северо-запада на северо-восток. Диапазон азимутов указан для УТ 15:30, $A_0 = 97^\circ$ Е.

Поскольку поля С.О. могут служить индикаторами температурно-влажностного режима верхней мезосферы, для развития этой методики полезно сравнивать положение наблюдаемых полей с рассчитанными на основе спутниковых измерений температуры и концентрации водяного пара в мезосфере [Dalin и др., 2011]. Такое моделирование проведено по данным измерений прибора MLS спутника Aura. На рис. 1а (для 13/14 июня) и б (для 20/21 июня) показаны наблюдавшиеся поля с координатами, полученными из табл. 1 и 2, на фоне рассчитанных полей разностей температуры и точки замерзания водяного пара на высоте 85 км. Более точно брался барический уровень 0.0046 гПа, примерно соответствующий высоте 85 км, — наиболее подходящий для сопоставления с наблюдаемыми полями С.О. из возможных дискретных барических уровней выдачи температуры и влажности по данным

MLS, поскольку наиболее яркие С.О. должны наблюдаться несколько ниже уровня их образования (частицы опускаются во время их роста). В тех местах, где разность температуры и точки замерзания водяного пара отрицательна (голубой и синий цвета), можно ожидать образование и существование С.О.

Точка замерзания водяного пара вычислялась с помощью уравнения 9.6 из работы (Gadsden, Schröder, 1989). Сопоставление наблюдавшихся полей С.О. (красные прямоугольники) с полями насыщенного водяного пара (голубой и синий цвет карты) на рис. 2 и 3 показывает в целом удовлетворительное согласие. Однако есть и различия. Поля разностей температур для ночи 13/14 июня не предсказывают наблюдавшиеся С.О. в Новосибирске и отсутствие С.О. в Заволжске. Как ни странно, на тех же долготах проти-

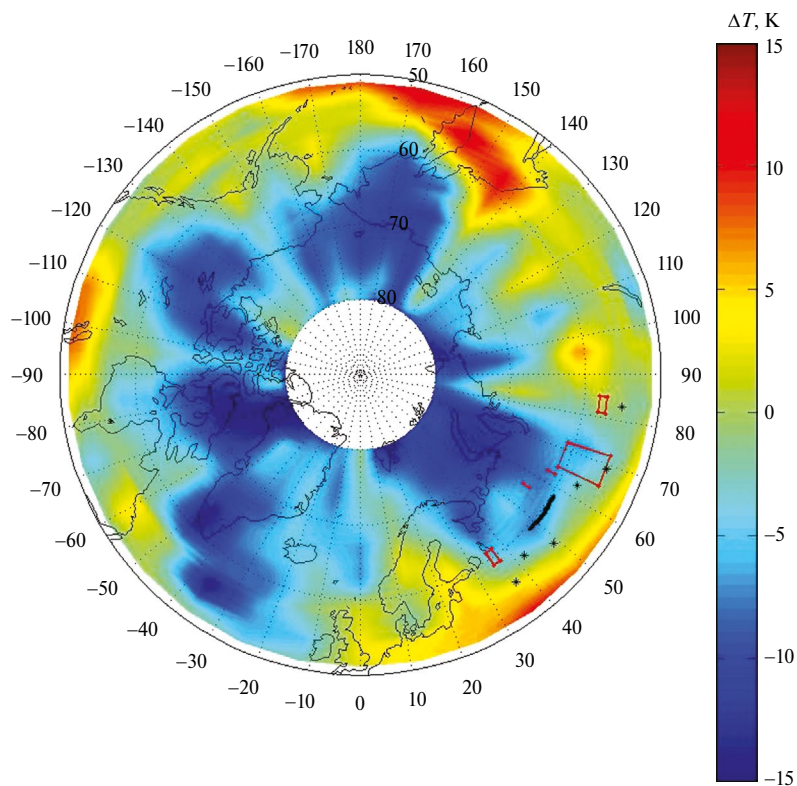


Рис. 2. Зафиксированные наземной и самолетной фотосъемкой 13 июня 2021 г. (УТ 17:00÷23:30) поля С.О. (красные прямоугольники) на фоне карты разностей температуры и точки замерзания на барическом уровне 0.0046 гПа (~85 км), построенной по данным прибора MLS спутника Aura. Наземные пункты, где наблюдались С.О. либо отмечено их отсутствие при благоприятных погодных условиях, показаны черными звездочками. Часть траектории ПС, проходившая в сумеречных или ночных условиях выше тропосферной облачности, показана жирной черной линией.

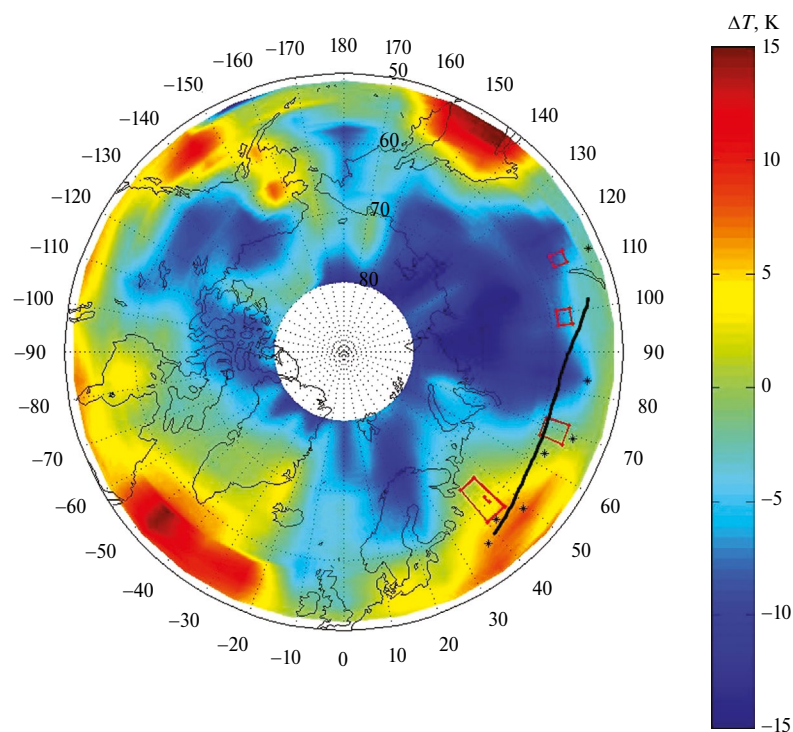


Рис. 3. То же, что на рис. 2, но для 21 июня 2021 г. (УТ 14:58÷23:45).

воположное несоответствие произошло и в ночь 21/22 июня. На этот раз в Заволжске С.О. наблюдались при модельной температуре, большей точки замерзания (стали видимыми примерно через полчаса после пролета самолета), и не наблюдались с самолета в окрестности Новосибирска при температурах, меньших точки замерзания.

Одной из причин этих различий является несовпадение спутниковых и наземно-самолетных данных по долготе. Измерения MLS/ Aura температуры и влажности в обе ночи проходили восточнее Новосибирска примерно на 6° долготы и во вторую ночь восточнее Заволжска на 11° . Обсуждаемое несоответствие могло быть вызвано и разницей во времени между измерениями MLS/ спутника Aura (производившихся в интервале LST 02:30–02:45) и наземными и самолетными наблюдениями, а также большой неопределенностью (10–12 км) в высоте измерений температуры и влажности на высотах мезопаузы 80–90 км.

ДИСКУССИЯ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показывают, что ночная самолетная съемка может давать ценную добавочную информацию о полях С.О. к данным наземной сети и спутниковой съемки. При этом полезно использование самолетных трасс как с запада на восток, так и с востока на запад. Доля времени реальной видимости С.О. с самолета по отношению к потенциально возможной по световым условиям может быть 100% (как 13/14 июня), так и меньше 50% (как 21/22 июня).

Естественно предположить, что при более широком использовании ночных пассажирских авиарейсов над территорией РФ возможно систематическое во время летнего сезона отслеживание полей С.О. почти на всем долготном протяжении РФ. В качестве первого шага, по-видимому, следует оборудовать один из рейсовых самолетов, используемых на дальних трассах, двумя автоматическими малогабаритными фотокамерами, закрепленными на иллюминаторах (одна – по левому борту для полетов на восток, другая – по правому). Для этого целесообразно использовать фотокамеры типа GoPro, которые не только автоматически управ-

ляют съемкой, но и записывают изображения на встроенные носители памяти. Такая технология уже опробована зарубежными коллегами [Suzuki et al., 2022].

Анализ полученных материалов позволяет сделать следующие выводы:

Ночная самолетная съемка может давать ценную информацию о полях С.О. и заполнять большие пробелы в данных редкой наземной сети фотокамер.

Самолетная съемка С.О. обладает некоторыми преимуществами перед наземной (отсутствие погодных ограничений, увеличенная дальность наблюдения, лучшая прозрачность атмосферы, возможность наблюдения С.О. при меньших углах погружения Солнца).

Поля С.О., построенные на карте по наземным и самолетным данным, в основном соответствуют областям, где температура на высоте образования С.О. (~ 85 км) по данным спутника Aura превышает точку замерзания водяного пара, однако полного соответствия между этими областями нет, что может объясняться слишком редкой долготно-временной сеткой измерений спутниковых измерений ($\sim 24^\circ$) и большой ошибкой (10–12 км) в высоте измерений на высотах мезопаузы.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы признательны директорату научных миссий NASA и научно-информационному центру Goddard Earth Sciences (GES) Data and Information Services Center (DISC) за предоставление доступа к данным измерений температуры и отношению смеси водяного пара аппаратом MLS на спутнике Aura.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бронштэн В.А.* Серебристые облака и их наблюдение. М.: Наука, 1984. 128 с.
- Бронштэн В.А., Гришин Н.И.* Серебристые облака. М.: Наука, 1970. 359 с.
- Гришин Н.И.* О структуре серебристых облаков // *Астрономический Циркуляр*. 1954. Т. 147. С. 20–24.
- Dalin P., Pertsev N., Zadorozhny A., Connors M., Schofield I.,*

- Shelton I., Zalcik M., McEwan T., McEachran I., Frandsen S., Hansen O., Andersen H., Sukhodoev V., Perminov V., Romejko V. Ground-based observations of noctilucent clouds with a northern hemisphere network of automatic digital cameras // *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* 2008. V. 70. P. 1460–1472.
- Dalin P., Pertsev N., Dubietis A., Zalcik M., Zadorozhny A., Connors M., Schofield I., McEwan T., McEachran I., Frandsen S., Hansen O., Andersen H., Sukhodoev V., Perminov V., Balčiunas R., Romejko V. A comparison between ground-based observations of noctilucent clouds and Aura satellite data // *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* 2011. V. 73. P. 2097–2109.
- Dalin P., Pertsev N., Perminov V., Efremov D., Romejko V. Stratospheric observations of noctilucent clouds: a new approach in studying middle and large-scale mesospheric dynamics // *Ann Geophys.* 2020. V. 38. P. 61–71.
- Dubietis A., Dalin P., Balciunas R., Cernis K., Pertsev N., Sukhodoev V., Perminov V., Zalcik M., Zadorozhny A., Connors M., Schofield I., McEwan T., McEachran I., Frandsen S., Hansen O., Andersen H., Grønne J., Melnikov D., Manevich A., Romejko V. Noctilucent clouds: modern ground-based photographic observations by a digital camera network // *Appl. Opt.* 2011. V. 50. № 28. P. F72–F79.
- Gadsden M., Schröder W. Noctilucent clouds. New York: Springer-Verlag, 1989. 165 p.
- Suzuki H., Matsumoto A., Dalin P., Nakamura Y., Ishii S., Sakanoi K., Sakaguchi K., Takada T., Tsuda T.T., Hozumi Y. Capability of airline jets as an observation platform for noctilucent clouds at middle latitudes // *Progress in Earth and Planetary Science.* 2022. V. 9. № 11. 10 p. <https://doi.org/10.1186/s40645-022-00469-4>

Analysis of Noctilucent Clouds' Fields According to Ground-Based Network and Airborne Photography Data

N. N. Pertsev^{1,*}, P. A. Dalin^{2,3}, V. I. Perminov¹, N. K. Gusev⁴, E. Yu. Tsimerinov⁵, A. A. Solodovnik⁶,
A. M. Zadorozhny⁷, D. V. Korotyshkin⁸, G. S. Bordonskiy⁹

¹ Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Pyzhevskiy per., 3, Moscow, 119017 Russia

² Swedish Institute of Space Physics, Box 812, Kiruna, SE-981 28, Sweden

³ Space Research Institute RAS, Profsoyuznaya str., 84/32, Moscow, 117997 Russia

⁴ Zavolzhsk City Museum of Art and Local Lore, Frunze str., 2, Zavolzhsk, 155412 Russia

⁵ Noctilucent Clouds Observing and Study Center, Chongarskiy boul., 21, Moscow, 117452 Russia

⁶ Kozybayev North Kazakhstan University, Zhumabaeva str., 114, Petropavlovsk, 150000 Kazakhstan

⁷ Novosibirsk State University, Pirogova str., 2, Novosibirsk, 630090 Russia

⁸ Kazan (Privolzhskiy) Federal University, Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008 Russia

⁹ Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Nedorezova str., 16a, Chita, 672014 Russia

*e-mail: n.pertsev@bk.ru

The article analyzes the fields of noctilucent clouds over the territory of the Russian Federation, recorded by a ground-based network of cameras using also aircraft photography, over the two nights in June 2021. It is demonstrated that aircraft photography can significantly improve the coverage of the territory of noctilucent clouds' probable appearance. The detected noctilucent cloud fields are compared with model regions of water vapor condensation derived from satellite measurements of temperature and water vapor mixing ratio. Practical steps are proposed for the development of aircraft observations of noctilucent clouds.

Keywords: noctilucent clouds, monitoring, airborne photography, network of ground-based photocameras