

УДК 551.593

В.Д. ВДОВИЧЕНКО, Г.А. КИРИЕНКО, Н.В. СИНЯЕВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ (МСО) В СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ В 2006-2007 ГГ. В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ

Представлены итоги наблюдений серебристых облаков (МСО), проведенных в 2006-2007 гг. в Северо-Казахстанской области (г. Петропавловск) совместно с сотрудниками Северо-Казахстанского Государственного Университета (СКГУ). Оценены динамические характеристики и описана морфология МСО.

Исследования мезосферных серебристых облаков (МСО), проводимые сотрудниками лаборатории физики Луны и планет Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова с 1994 г., имеют целью получить информацию о малодоступных, а потому малоизученных, самых верхних слоях земной атмосферы. Факт наблюдаемого в последние годы роста частоты появлений МСО уже сам по себе рождает подозрения о неблагоприятной обстановке «наверху». Причины этого явления пока не выяснены, но интенсивно обсуждаются во всем мире. Например [1], есть предположение о том, что в настоящее время – время интенсивного освоения космического простран-

ства, МСО могут быть частично обусловлены проникновением большого количества водяного пара в стратосферу после запуска космических кораблей, либо после такого события, как ядерный взрыв.

Поэтому, именно длительный мониторинг МСО не только с поверхности Земли, но и из космоса, в конечном счете, может предоставить необходимое количество данных для анализа пространственного распределения МСО и динамических процессов, происходящих на высотах 80-90 км.

Определение удаленностей и высот полей МСО осуществлялось по синхронным (до нескольких секунд) снимкам из 5 базисных пунк-

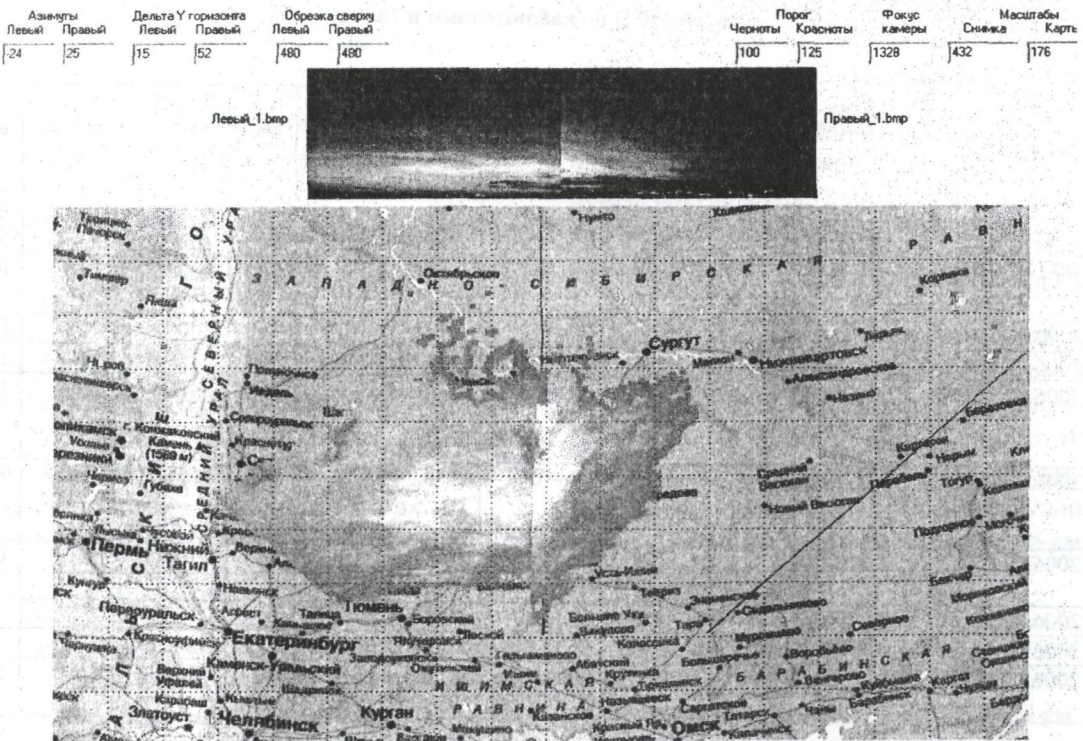


Рис. 1. Скриншот рабочего экрана программы с результатом переноса изображения МСО на карту.

тов наблюдения, разнесенных на расстояния 80-100 км в восточно-западном и северо-южном направлении от Петропавловска и по методике, описанной в работах [2, 3]. По разработанному алгоритму была составлена соответствующая программа. Полученные результаты частично опубликованы в [3].

Развертка полей МСО на земную поверхность

Для обработки большого количества цифровых снимков МСО с целью изучения их (МСО) географического расположения и динамических характеристик, в ЛФЛП была разработана оригинальная специальная программа (на DELPHI), которая выполняет практически мгновенный перенос изображений полей МСО на карту, т. е., строит их проекции на подстилающую поверхность. Результаты ее работы иллюстрируются рисунком 1.

Только за летний период наблюдений 2006-2007 г.г. было зарегистрировано 30 ночей с полями МСО и получено свыше 6000 цифровых снимков полей МСО. Дополнительно в 2007 г. осуществлялась панорамная съемка МСО с помощью трех цифровых камер, две из которых были на-

правлены на запад и на восток, а средняя – на север. Охват по азимуту составлял угол 110° , а по высоте – 40° . В отдельные ночи размер полей МСО достигал $75-80^\circ$ по вертикали и $140-150^\circ$ по азимуту, намного превышая поле съемки одной цифровой камеры. Видимость МСО в течение отдельных ночей длилась от вечерней до утренней зари.

Морфологические особенности, протяженность, удаленность и скорость перемещения полей МСО

Построив карты движения МСО, мы смогли достаточно детально проанализировать их динамику.

Для описания типов МСО использована международная классификация [4], основанная в свое время Гришиным [5].

Результаты анализа полей МСО приведены в таблицах 1 и 2.

Динамические характеристики верхних слоев атмосферы, полученные на основе наблюдений МСО в 2005-2007 годы.

Из морфологического анализа мы можем заключить следующее:

Таблица 1. Морфологические особенности, протяженность, удаленность и скорость перемещения полей МСО по наблюдениям в 2006 г.

Дата, год, м-ц, число	Время местное, ч. мин	Азимуты, град	Высота, град	Тип	Яркость, баллы	L, км	S max, км ²	V, км/ч	Направление движения
2006.06.01	23:40-03:35	-35 ÷ +35	00 ÷ 22	II a, III a	5	800	250000	330	ЮЗ
2006.06.08-09	00:04-02:55	-30 ÷ +30	00 ÷ 11	II a, b, III a	1	600	80000	170	ЮЗ
2006.06.10-11	00:00-02:50	-22 ÷ +22	00 ÷ 12	II b	0,5	450	20000	268	Ю
2006.07.04-05	02:02-03:30	-30 ÷ +30	00 ÷ 06	II a, IV a	4,5	700	375000	450	ЮЗ
2006.07.05-06	00:58-03:06	-30 ÷ +30	00 ÷ 30	I, II b, III a, IV a, b	4	450	94500	300	ЮЗ
2006.07.07-08	02:03-03:04	-25 ÷ +30	00 ÷ 06	II b, IV b	1	700	155000	168	Ю
2006.07.14-15	23:30-03:48	-30 ÷ +50	00 ÷ 11	II a b, IV a, b, III a	1,5	700	170000	156	С
2006.07.17-18	03:24-03:48	-20 ÷ +20	06 ÷ 12	II a	0,5				
2006.07.19-20	03:13-03:54	+05 ÷ +20	06 ÷ 12	IV b	2,5				
2006.07.21-22	03:12-04:27	-15 ÷ +30	00 ÷ 22	II a, b, IV a, b	5	700	170000	350	ЮЗ

Обозначения: L – удаленность от Петропавловска; S_{max} – максимально захватываемая площадь;

V – скорость движения фронта

Таблица 2. Морфологические особенности, протяженность, удаленность и скорость перемещения полей МСО по наблюдениям в 2007 г.

Дата, год, м-ц, число	Время местное, ч. мин	Азимуты, град	Высота, Град	Тип	Яркость, Баллы	L, км	S max, км ²	V, км/ч	Направление Движения
2007.06.13-14	23:36-02:44 и далее	0 ÷ +50	03 ÷ 13	II a, III a, b, IV a, b	4	685	105000	300	З
2007.06.16-17	02:35-03:19	-25 ÷ +56	05 ÷ 35	II a, III b, IV a, S	1-2	460	200000	350	ЮЗ
2007.06.17-18 (восточный снимок)	00:23-02:52	-50 ÷ +50	05 ÷ 20	II a, III b	1	420	50000	100	СЗ
2007.06.17-18 (западный снимок)	00:23-02:52	-07 ÷ +93	05 ÷ 20	II a, b, IV a, b	2	408	150000	340	СЗ
2007.06.18-19	23:40-3:00	-24 ÷ +27	3 ÷ 10	II a, b, III a, b, S, P	3	650	110000		З
2007.06.24-25 Б	23:40-3:40	-50 ÷ +25	0 ÷ 40	II, IV	3	450	250000	220	ЮЗ
2007.06. 26-27 (панорама)	1:30-2:20	-10 ÷ +25	5 ÷ 10	II	2	450	50000		ЮЗ
2007.06.28-29 (панорама)	1:10-3:20	-50 ÷ +50	3 ÷ 40	II a, b, III, IV	2	500	360000	128 – 183	Ю
2007.06. 29-30	0:10-1:10	-50 ÷ 00	5 ÷ 10	II a, IV b,	0.5 – 1	530	110000		СЗ
2007.07. 1-2	0:10-1:20	-50 ÷ 00	5 ÷ 9	II b, IV b	0.5	600	80000		З
2007.07. 8-9 (панорама)	0:30-	-30 ÷ +50	3 ÷ 12	II a, b, III a, b, P	3-4	514	160000	400	ЮЗ
2007.07.19-20 (панорама)	22:50-3:30	-50 ÷ +40	0 ÷ 45	III b	3-4	530	280000	210	СЗ

Скорость движения фронта преимущественно высокая – от 200 км/ч (встречается реже) до 400 км/ч.

Направление движения фронта преимущественно юго-западное, иногда северное (1 случай), южное (3 случая) или северо-западное (4 случая).

Поля МСО имели преимущественно очень сложную структуру, представляющую собой наложение нескольких волновых движений – крупно- и мелкомасштабных, распространяющихся, как правило, в различных направлениях.

Мелкомасштабная структура – это рябь с длиной волны (расстояние между гребнями) от 5 до 15 км. Длины самих гребней преимущественно небольшие. Рябь практически во всех рассмотренных случаях располагалась поперек полос, причем, оценки скорости ее распространения (порядка 100 км/ч) отличались от таковых для скорости фронта. Эта структура, как правило,

имела небольшое время жизни, но бывали случаи (реже), когда она существовала довольно долго, слегка меняя свое направление и форму.

Что касается крупных волн, то их гребни располагались на расстоянии 35-40 км друг от друга. Длины гребней достигали сотен км. Почти в каждом отдельном случае присутствовали длинные (80 – 200 км), практически параллельные полосы, растянутые вдоль направления движения фронта.

Определенные нами оценки высот наблюдений МСО лежат в пределах 75 км – 90 км, причем зарегистрированы случаи, когда отдельные детали меняли свою высоту от ~85 км до 75 км, вплоть до их исчезновения.

Размеры деталей:

Длина полос – 80 -300 км

Площадь узлов – до 230 км²,

Радиус кривизны вихрей – 5 – 40 км

Длины гребней волновой структуры – от нескольких км до сотен км.

Относительно Петропавловска МСО наблюдались в направлении на северо-запад или на север, реже - на северо-восток на расстоянии 650 – 800 км (7 случаев) и на расстоянии 400 – 600 км (12 случаев).

Занимаемая ими площадь со временем менялась (увеличивалась или уменьшалась в зависимости от направления их движения и времени суток). Величины площадей по нашим оценкам составляют от 170000 до 400000 км² (12 случаев) и от 20000 до 110000 км² (6 случаев), откуда следует, что площади их распространения весьма велики. В некоторые даты указанные величины по тем или иным причинам было определить трудно.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что отдельные слои МСО (мелкомасштабная рябь и крупные волны) могут, по-видимому, располагаться на разных уровнях и иметь при этом различные скорости и направления движения: поперечная волна распространяется со скоростью ~100 км/ч на фоне движения основного фронта со скоростью более 300 км/ч.

Преимущественная структура МСО свидетельствует о весьма сложной динамике верхних слоев атмосферы. Относительно простые структуры (отсутствие турбулентных вихрей, волн, и т. д.), наблюдаются довольно редко и, возможно, свидетельствуют о более спокойной динамике мезосферных слоев. Прослеживается связь степени сложности структуры со значениями скорости движения фронта: облачные массы с относительно простой структурой двигались медленнее (100 - 200 км/ч, 5 случаев), и

наоборот. Тем не менее, наблюдались и облака со сложной структурой, имеющие скорость порядка 150 км/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schroder W. Noctilucant Clouds and Mesosphere // Beitrage zur Geschichteder Geophysik und Kosmischen Physik (Journal for the history of Geophysics and Cosmical Physics) VIII, № 1. p. 2007. – С. 90-130
2. Буров М.И. Определение проекции серебристых облаков на земную поверхность фотограмметрическим методом // Труды совещания по серебристым облакам (III), Таллин, 1962. – С. 90-104.
3. Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Синяева Н.В. Определение высот и скоростей мезосферных серебристых облаков по результатам наблюдений в Северном Казахстане в 2006 г. // Известия НАН РК, Серия физико-математическая 2007, № 4. С. 106-109.
4. Gadsden M. and P. Parviainen. Observing Noctilucant Clouds // The international Association of Geomagnetism & Aeronomy. p. 2006. - 37
5. Бронштэн В.А., Гришин Н. И. Серебристые облака. Москва: НАУКА, 1970. 359 с.

Резюме

Солтүстік Қазақстан облысында (Петропавл қаласы) Солтүстік Қазақстан Мемлекеттік университетінің қызметкерлерімен бірге 2006-2007 жылдарында алынған күмістей бұлттардың бақылау нәтижелері берілген. Динамикалық сипаттамалар бағаланды және мезосфералық күмістей бұлттардың морфологиясы мазмұндалды.

Summary

The results of Noctilucant clouds (NLC) observations carried out in 2006-2007 years in Petropavlovsk (North Kazakhstan), are represented in this paper. The collaborators of North Kazakhstan State University (NKSU) took part in these observations. Dynamic peculiarities of the NLC are estimated, and the NLC morphology is described.