

УДК 551.576:629.7(479.24)

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ «ОБЛАЧНЫХ УЛИЦ» НАД КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКИМ РЕГИОНОМ, ПО ДАННЫМ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Канд. геогр. наук Т.Д. Агаев

В работе приведены результаты изучения условий формирования «облачных улиц» над Кавказско-Каспийским регионом, по данным аэрокосмической информации, которые имеют практическое значение, и они могут быть полезны при прогнозе погоды, оперативных работах авиационной метеорологической службы.

Облачность является одним из важнейших факторов, определяющих характер многих физических, а также климатообразующих процессов, протекающих в атмосфере Земли. В последние десятилетия в изучение атмосферных процессов всё больше используются снимки, получаемые с искусственных спутников Земли (ИСЗ). Эти снимки в отличие от наземных наблюдений, дают целостную картину распределения облачности на больших территориях [1-5, 7, 8]. Так как формирование облаков зависит от характера атмосферной циркуляции, то они несут информацию для оценки температурной стратификации, прогноза погоды. Данная работа посвящена изучению условий формирования «облачных улиц» над Кавказско-Каспийским регионом, с использованием аэрокосмической информации.

1. Методы и материалы

В работе был применен метод статистического анализа данных и дешифрирования облачности на космических снимках. Для проведения исследования были использованы данные наблюдений аэрологических станций Маштага, Ленкорань и Махачкала, наземных метеорологических станций, расположенных на западном побережье Каспия, космические фотоизображения Кавказско-Каспийского региона.

2. Практическая часть

Роль устойчивого состояния атмосферы в формировании слоисто-кучевых облаков. Анализ аэрологических данных показывает, что слоисто-кучевые облака (Sc) над Каспийским морем наиболее часто отмечаются в холодный период года. При этом было установлено, что годовые и суточные изменения повторяемости этой облачности и устойчивого со-

стояния атмосферы (часто высотных инверсий) идентичны. Наибольшие значения, которых наблюдаются в холодный период года. При этом повторяемость высотных (или приподнятых) инверсий в сочетании с Sc составляет 62...79 %, а в течение суток в дневные часы – 65...75 %. Изменение повторяемости приземных инверсий в течение года и суток не во всех случаях совпадает с изменениями рассматриваемых типов облачности.

Как известно, основными характеристиками инверсий температуры являются их мощность и интенсивность. Чем мощнее и интенсивнее инверсионный слой, тем больше продолжительность, т.е. время жизни слоисто-кучевых облаков. Наблюдаемые при облачности нижнего яруса высотные инверсии в зависимости от их мощности и интенсивности можно разделить на следующие четыре типа:

I. не очень мощные и не интенсивные инверсии. Мощность их не превышает 500 м, интенсивность – 5 °С. Подобный тип инверсий из всех случаев составляет 65 %.

II. мощные, но не интенсивные инверсии. Мощность их более 500 м, интенсивность менее 5 °С. Повторяемость их не превышает 26 %.

III. интенсивные, но не очень мощные высотные инверсии. Мощность таких инверсий не более 500 м, интенсивность более 5 °С. Повторяемость инверсий данного типа составляет всего 6 %.

IV. мощные и интенсивные высотные инверсии. Мощность этих инверсий более 500 м, интенсивность более 5 °С. Повторяемость их очень низкая – 3 %.

Во всех перечисленных типах инверсий вертикальные градиенты температуры (γ) в нижнем пятисотметровом слое атмосферы в основном колеблются в пределах 0,50...0,75 °С.

Анализ данных радиозондов показал, что появление устойчивого слоя, как правило, с очень малым положительным или отрицательным градиентом температуры воздуха (инверсия) чуть выше верхней части слоя перемешивания, является своего рода первым признаком образования слоисто-кучевой облачности в холодный период года в дневные часы суток (рис. 1). Под инверсионным слоем, происходит накопление основной массы примесей естественного и промышленного происхождения, за счет чего число ядер конденсации увеличивается, что благоприятствует образованию облаков.

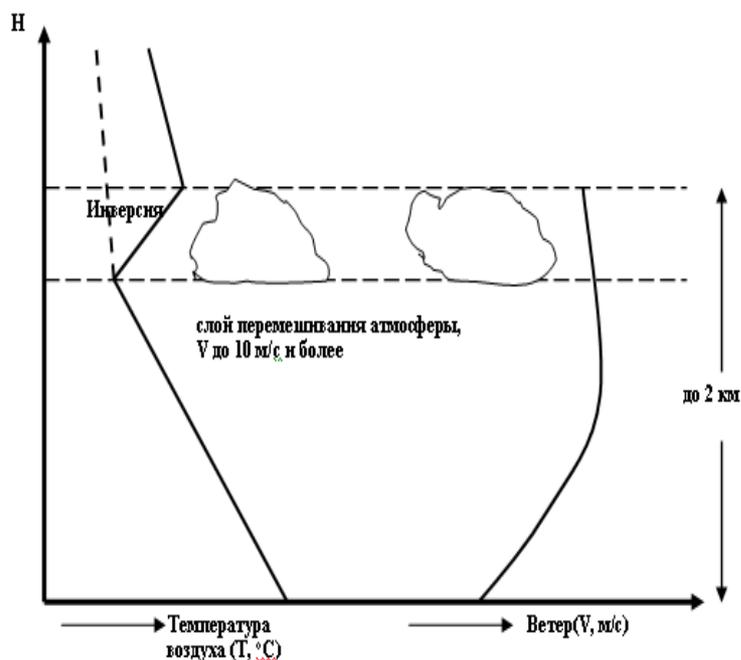


Рис. 1. Схема формирования слоисто-кучевой облачности в холодный период года, при устойчивом состоянии атмосферы.

В зимнее время года инверсии в основном образуются за счет переноса теплого воздуха, обусловленного субтропическим антициклоном, развивающимся на юге. Прохождение южных циклонов над исследуемым районом, создает благоприятные условия для поступления из северных районов через Северный Кавказ и Каспий масс холодного воздуха в нижней тропосфере [4-6]. Поступление холодного и влажного воздуха с севера приводит к разрушению приземных инверсий. Однако на некоторой высоте инверсия еще сохраняется, ограничивая сверху некоторый слой воздуха (формирующий слой), где происходит образование облачности. Взаимодействие воздуха понижает температуру в нижней части инверсионного слоя, что приводит к конденсации воздуха и образованию облачности, чаще всего нижнего яруса – Sc (63 и 73 % случаев). После образования облачности ее поверхность радиационно охлаждается.

Формирования «облачных улиц» над Каспийским морем, в холодный период года. Анализ космических снимков Кавказско-Каспийского региона показывает, что облачность типа Sc в 60...65 % имеет зернистую текстуру. Поля облачности Sc характеризуются грядовой

(55...60 %) и ячеистой (35...40 %) мезоструктурой. В 5 % случаев облачность типа Sc имеет спиралевидную структуру.

Как известно, в атмосфере выделяют два основных класса ячеек: открытые ячейки с безоблачным пространством в центре и облачным кольцом по периферии и закрытые ячейки с облачностью в центре и безоблачным пространством по периферии [3, 7, 8]. Распределение облачности в открытой ячейке соответствует восходящим движениям воздуха по периферии и нисходящим в центре ячейки. В закрытой ячейке распределение восходящих и нисходящих течений противоположенное. Чаще всего ячейки формируются над водной поверхностью или равнинными, сильно увлажненными участками суши. Гряды конвективной облачности имеют сходный генезис с ячейками и возникают в атмосфере в тех же районах. При благоприятных условиях гряды конвективной облачности формируют «облачные улицы». Так как процессы ячейковой конвекции в атмосфере чрезвычайно распространены, и правильная интерпретация этого явления может оказаться очень полезной при анализе условий погоды над обширными территориями.

Анализом космических фотоизображений установлено, что нередко случаи наблюдения над Каспием и прилегающими к нему территориями в холодное время года «облачных улиц», в основном состоящих из облаков нижнего яруса. Они возникают над земной поверхностью в процессе цилиндрической циркуляции воздуха в атмосфере (рис. 2) и являются одним из видов организованной конвекции. Улицы облаков – результат волнового движения воздуха в устойчивой атмосфере. Она имеет форму расширенной линии кучевых облаков (обычно слоисто-кучевых) почти параллельно направлению ветра. Как было отмечено, наиболее благоприятные условия для их образования происходят, когда самый нижний слой воздуха неустойчив и покрывается устойчивым слоем воздуха. Это часто происходит, когда верхний слой воздуха опускается, как например, при условиях антициклона. Воздух движется поперек улицы, и там, где воздух поднимается – образуются облака, там, где опускается – облачные просветы (улицы). При образовании таких облачных гряд обычно мощность конвективного слоя составляет в среднем 1,5...2,0 км, а выше за счет адвекции теплого воздуха, отмечается слой с замедленным падением или отрицательным градиентом температуры воздуха (инверсия). Так как мезомасштабные «облачные улицы» возникают в сравнительно тонких, неустойчиво стратифицированных слоях атмосферы, то наблюдения их над каким-

либо районом свидетельствует о том, что нижний слой атмосферы является неустойчиво стратифицированным.

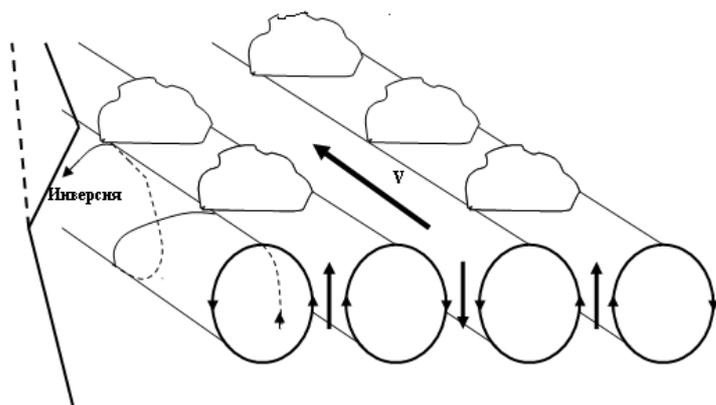


Рис. 2. Схема образования «облачных улиц» над морской поверхностью в холодное время года.

На космическом снимке за 10.01.2008 г. (рис. 3) видно, что слоисто-кучевые облака выстроились вдоль оси с севера на юг по направлению господствующего ветра над Каспийским морем. Они сформировали «улицы облаков», которые связаны с адвекцией холодного воздуха над водной поверхностью. Гряды кучевых облаков формируются вдоль потоков холодного воздуха, который с большой скоростью вырывается с суши, с поверхности морского льда на море. Тепло- и влагообмен над теплой морской поверхностью, при благоприятных условиях привел к образованию «улиц облаков» состоящих из Sc. В начале «облачные улицы» узкие и четкие, но, с увеличением температуры морской воды, постепенно они расширяются, теряют форму и сливаются друг с другом.

Анализ аэросиноптических данных показывает, что 09.01.2008 г. в вечерне-ночные часы у земной поверхности наблюдался ветер юго-западного направления ($V = 2$ м/с), с адвекцией теплого воздуха. В утренние часы поток холодного воздуха ($V = 6..8$ м/с) северо-западного направления на теплую морскую поверхность, при благоприятных условиях привёл к образованию гряд слоисто-кучевых облаков. В это время выше верхней части слоя перемешивания находился слой с малым положительным градиентом температуры.

На рис. 4. видно, что 16.12. 2002 г. также отмечались гряды кучевых облаков («облачных улиц») над Каспийским морем, которые сформировались вдоль потока холодного воздуха с севера. Как и в первом случае (рис. 3) в начале улицы облаков узкие и четкие, но, с увеличением темпе-

ратуры морской воды, постепенно они расширяются, теряют форму и сливаются друг с другом. Так как чем южнее, тем теплее морская вода, следовательно, и увеличение восходящих потоков воздуха и образование мощных кучевых облаков.



Рис. 3. Фрагмент космического снимка Кавказско-Каспийского региона (MODIS, Terra), 10.01.2008 г.[9].

Анализ аэросиноптических данных показывает, что 15.12.02 г. в утренние часы у земной поверхности был штиль или ветер западного направления, со скоростью 2...3 м/с. На высоте наблюдалась адвекция теплого воздуха. Со второй половины дня отмечался поток холодного воздуха северо-западного направления, со скоростью 8...10 м/с. При таких условиях над теплой морской поверхностью в ночные часы 16.12.02 г. сформировались гряды облаков нижнего яруса (Sc).

На космическом снимке за 03.12.2001 г. видно, что северная часть Каспийского моря частично покрыта морским льдом (рис. 5), а Азербайджан и южная часть Каспия покрыта слоистой облачностью. В средней части моря и на побережье образовались гряды конвективных облаков, которые сформировали улицы облаков в направлении с востока на запад. В начале «облачной улицы» над морской поверхностью они имеют четкую ячейковую структуру. Но, в западной части моря, соединяясь друг с другом, они постепенно вырастают в крупные облачные формирования, и образуют большие массивы облаков.

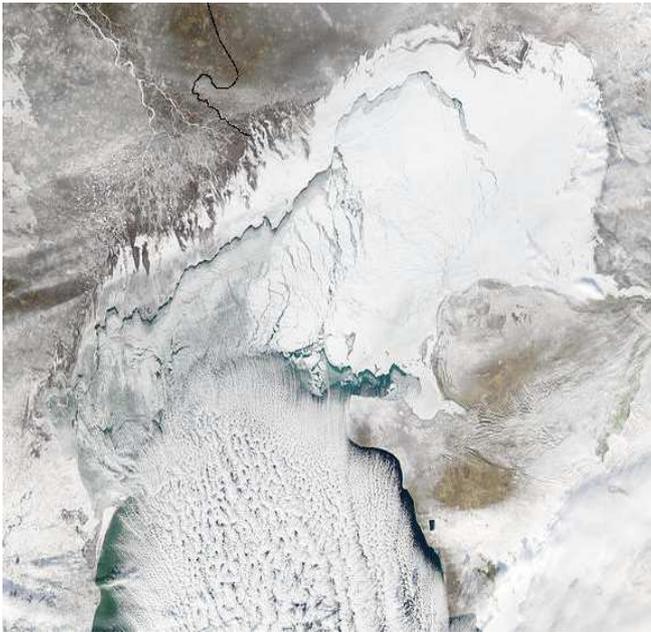


Рис. 4. Фрагмент космического снимка Кавказско-Каспийского региона (MODIS, Terra), 16.12.2002 г. [10].



Рис. 5. Фрагмент космического снимка Кавказско-Каспийского региона (MODIS, Terra), 03.12. 2001 г. [11].

Анализ аэросиноптических данных за 03.12.2001 г. показал, что в образовании облачных гряд большую роль играют холодные воздушные массы, поступающим с северо-востока, в результате действия отрога Сибирского максимума, а также выход южных циклонов на районы Азербайджана и юг Каспийского моря. Большие массивы облаков в западной части моря, указывают на высокие значения восходящих воздушных потоков, где при увеличении конвективной неустойчивости в пограничном слое атмосферы, валиковая структура течений сменяется ячейковой.

Заключение

Следует отметить, что если в пределах однородного массива конвективных ячеек или гряд облачности (или «облачных улиц») имеется хотя бы один пункт радиозондирования, то можно произвести экстраполяцию условий вертикального распределения температуры в нижнем пограничном слое атмосферы на всю территорию. По мере удаления холодного воздуха от суши в направлении моря, и прогревания его над морской поверхностью происходит увеличение размеров гряд облачности и неустойчивости в пограничном слое перемешивания. При этом можно считать, что скорость ветра во всем районе занятом «облачными улицами», сохраняется такой же, как и в пункте радиозондирования. Полученные результаты имеют практическое значение, и они могут быть полезны при прогнозе погоды, оперативных работах авиационной метеорологической службы и лётно-диспетчерскому составу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаев Т.Д. Условия формирования облачных вихрей над Каспийским морем // Гидрометеорология и экология». – 2011. – № 1(60). – С. 28-35.
2. Агаев Т.Д. Некоторые возможности использования радиационных данных с ИСЗ в исследованиях загрязнения атмосферы. // Изв. пед. универ. – 2005. – №1. – С. 74-82.
3. Воробьёв В.И., Фадеев В.С. Характеристика облачного покрова северного полушария по данным метеорологических спутников.– Л.: Гидрометеоизд, 1981. – 172 с.
4. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 351 с.
5. Горчиев А.А., Агаев Т.Д. Аэрокосмические исследования облачности и температурной стратификации атмосферы над Восточным Закавказьем. // Док. АН. Аз. ССР. – №9. – Т. XLV. – 1989. – С. 57-60.

6. Горчиев А.А., Агаев Т.Д. Крупномасштабные атмосферные процессы и погодные условия, влияющие на уровень загрязнения атмосферы над городами западного побережья Каспия. // Изв. Всесоюзной географ. общ. – 1990. – №1. – С. 34-43.
7. Климат Азербайджана / Под ред. А.А. Мадатзаде, Э.М. Шихлинского. – Баку: Изд. АН Аз. ССР, 1968. – 341 с.
8. Кондратьев К.Я. Роль космических средств наблюдения в исследовании климата / Аэрокосмические методы исследований окружающей среды. – Л: Изд. ГО СССР, 1981. – С. 37-64.
9. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view>
10. <http://www.parstimes.com/MODIS/CaspianSeaDec2002a.jpg>
11. <http://www.parstimes.com/MODIS/Kazakhstan.A2001.jpg>

Сумгаитский ГУ, г. Сумгаит, Азербайджан

**АЭРОКОСМОСТЫҚ АҚПАРАТ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША
КАВКАЗ-КАСПИЛІК АУМАҚ ҮСТІНДЕГІ «БҰЛТТЫ
КӨШЕЛЕРДІҢ» ҚАЛЫПТАСУ ЖАҒДАЙЛАРЫН ЗЕРТТЕУ**

Геогр. ғылымд. канд. Т.Д. Агаев

Жұмыста Кавказ-Каспilik аумақ үстіндегі аэрокосмостық ақпарат мәліметтері бойынша, практикалық маңызы бар және ауа-райын болжауда, авиациялық метеорологиялық қызметтің шұғыл жұмысына пайдалы болатын «бұлтты көшелердің» қалыптасу жағдайларын зерттеу келтірілген.