



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Прогностические признаки образования и рассеивания низкой облачности
и тумана в аэропорту Волгоград при ветрах восточной четверти»

Исполнитель Гудко К.В.

Руководитель доктор географических наук, профессор Дробышев А.Д.

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«19» июня 2016 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«30» мая	2016 г.
 подпись	 рашифровка подписи

Туапсе
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Прогностические признаки образования и рассеивания низкой облачности и тумана в аэропорту Волгоград при ветрах восточной четверти»

Исполнитель Гудко К.В.

Руководитель доктор географических наук, профессор Дробышев А.Д.

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«____» _____ 2016 г.

Туапсе
2016

Оглавление

Введение	3
Глава 1 Физико-географическая характеристика Волгоградской области и района аэропорта.....	6
1.1 Особенности рельефа.....	6
1.2 Общая характеристика климата.....	9
Глава 2 Условия образования облаков, их классификация и строение	14
2.1 Условия образования облаков, их классификация, микрофизическое строение	14
2.2 Количество, высота нижней границы облаков и её изменчивость	18
Глава 3 Синоптические условия образования низкой облачности в аэропорту Волгоград.....	24
3.1 Классификация синоптических условий образования низкой облачности в аэропорту Волгоград	24
3.2 Метеорологические и аэрологические особенности образования низкой облачности	29
3.3 Условия образования низкой облачности и тумана в аэропорту Волгоград при ветрах восточной четверти	32
Заключение.....	45
Список используемой литературы	46
Приложение.....	49

Введение

В «житейском» понимании облака и осадки – это почти вся погода, поскольку, когда говорят о погоде, то наряду с температурой воздуха обычно имеют в виду состояние облачности (пасмурно, ясно) и связанные с ней осадки, грозы, шквалы и т.п.

Облака играют важную роль в жизни нашей планеты. Являясь продуктами конденсации водяного пара, они выполняют роль преобразователей газообразной влаги атмосферы в осадки, столь необходимые для всего живого на Земле.

Облачность и осадки оказывают большое влияние на сельское хозяйство, промышленность, транспорт, строительство и др. Однако, наибольшее влияние они оказывают на авиацию.

Специалисты - метеорологи, летный состав, работники службы движения, занимающиеся обеспечением авиации, должны хорошо знать условия формирования облаков и особенности полетов в них.

В моей семье, где отец был пилотом гражданской авиации, а мама – синоптик с 30-летним стажем, разговоры о погодных условиях всегда велись не на уровне «обывателя», а на высокопрофессиональном языке. Особенности погодных условий в аэропорту Волгоград перешли ко мне «по наследству», я синоптик АМСГ – I Волгоград.

Безопасность полетов - актуальнейшая проблема авиации. На безопасность полетов влияют многие факторы, в том числе факторы внешней среды, состояния атмосферы, а, следовательно, и облака. Согласно мировой статистики, большая часть авиационных происшествий и предпосылок к ним обусловлена сложными метеорологическими условиями: низкими облаками, облаками вертикального развития, ливневыми осадками, грозами, шквалами и т.д. [7, с.31].

Погодные условия аэропорта Волгоград согласно статистическим данным Северо-Кавказского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» занимают

первое место по повторяемости сложных погодных условий в сравнении с погодными условиями аэропортов Северо-Кавказского региона. При этом максимум опасных явлений приходится на ноябрь, декабрь, январь и февраль месяцы, а в январе: повторяемость случаев с туманами, низкой облачностью увеличивается в 2-3 раза – это самый сложный по погодным показателям месяц в году. Так, количество опасных явлений в январе 2014г. в аэропорту Волгоград составил 364.

Возможность своевременно и оперативно предусмотреть образование низкой облачности и тумана с учетом местных особенностей является **актуальностью** исследования.

Объектом исследования стали низкая облачность и туман.

Предмет исследования - анализ особенностей возникновения и рассеивания низкой облачности и тумана в аэропорту Волгоград.

Цель работы - определение прогностических признаков образования облачности с учетом местных особенностей.

На сегодняшний день, в аэропорту Волгоград проводится реконструкция взлетно-посадочной полосы и в перспективе организация метеорологического обеспечения полетов воздушных судов по 3 категории ИКАО (International Civil Aviation Organization – Международная организация Гражданской авиации [24, с.224]). При этом проводится оптимизация технологических процессов, как при проведении метеорологических наблюдений, так и в прогностической деятельности. На АМСГ-I Волгоград применяются расчетные методики прогноза элементов и явлений погоды: Гоголевой Е.И., Лаврищева Д.Н., Петренко Н.В., но они не всегда «работают». Потребовалось найти дополнительные признаки прогнозирования с учетом местных особенностей местоположения аэродрома.

Задачами исследовательской работы стало:

- провести анализ повторяемости случаев низкой облачности и туманов при определенных синоптических ситуациях по данным наблюдений АМСГ-I Волгоград за период 2010-2014гг;

- уточнить признаки образования облачности и тумана в аэропорту Волгоград с учетом местных особенностей;
- доказать на примере случая 14 февраля 2016г., что применение уточненных прогностических признаков для прогноза образования и рассеивания низкой облачности и тумана может использоваться в оперативной работе АМСГ-I Волгоград.

Структура работы: введение, три главы, заключение, список литературы, приложение. Первая глава работы посвящена физико-географическим и климатическим характеристикам Волгоградской области и района аэропорта.

Вторая глава - ознакомление с теоретическими основами условий образования облаков, их составом, микрофизическими процессами, классификацией по данным научных работ, статей и публикаций.

В третьей главе проведен статистический анализ повторяемости случаев низкой облачности и туманов при определенных синоптических ситуациях по данным наблюдений АМСГ-I Волгоград за период 2010-2014гг. Определены прогностические признаки образования и рассеивания низкой облачности, тумана при ветрах восточной четверти. Рассмотрен прогноз образования и рассеивания низкой облачности и тумана 14 февраля 2016г.

Информационной и методической базой исследования послужили данные наблюдений АМСГ-I Волгоград за 5-летний период 2010-2014гг., работы Богаткина О.Г., Зверева А.С., Баранова А.М., региональные труды Сажина А.Н., Брылева А.В., пособия по авиационной метеорологии.

Общий объем бакалаврской работы составляет 48 машинописных страниц. Содержит 9 рисунков, 5 таблиц и 3 приложения.

Глава 1 Физико-географическая характеристика Волгоградской области и района аэропорта

1.1 Особенности рельефа

Волгоградская область расположена на юго-востоке Русской равнины, вдали от океанов и морей. По обилию солнечного тепла область не уступает южному берегу «Крыма» (табл. 1).

Таблица 1

Средние многолетние показатели климата в районе Волгограда [22, с.6]

Показатели	Месяцы года												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура, °С	-9,5	-8,9	-2,6	8,5	17,0	21,6	24,3	23,0	16,2	8,0	0,0	-6,1	7,6
Абсолютный максимум, °С	12	10	23	31	35	40	42	43	36	32	22	12	43
Абсолютный минимум, °С	-35	-31	-26	-14	-4	4	9	6	-2	-14	-25	-31	-35
Продолжительность солнечного сияния, час	50	74	146	224	303	310	310	293	233	146	95	40	2224
Число дней без солнца	18	10	6	1	1	0	0	0	1	6	11	19	74
Влажность воздуха, %	89	85	85	66	57	52	49	52	60	76	86	90	71
Осадки, мм	26	28	25	20	29	41	33	27	23	28	31	39	350
Скорость ветра, м/с	7,0	7,4	7,1	6,7	6,1	5,8	5,6	5,4	5,2	5,8	6,7	7,1	6,3

Равнинный рельеф способствует проникновению в регион различных воздушных масс: зимой вторгается холодный, сухой, континентальный воздух Сибирского антициклона, усиливая суровость зимы (средние температуры такие же, как в Петрозаводске, Москве, -10°, -11°); летом наблюдается приток воздушных масс с Атлантического океана. Пройдя над разогретой поверхностью Русской равнины, они иссушаются, нагреваются и почти не умеряют жару [22, с.9].

В течение всего года не исключается возможность проникновения в

область сухого арктического воздуха. Зимой он еще более усиливает мороз, летом делает погоду прохладной; весной и ранней осенью приносит заморозки.

С Атлантического океана и Средиземного моря приходят циклоны. Чаще они бывают зимой, поэтому погода в этот период более изменчива.

Летом часто вторгаются сухие, горячие массы воздуха из Казахстана, тогда воцаряется жара до 39 - 45°.

В Волгограде в течение года преобладает широтная циркуляция атмосферы, особенно хорошо она выражена в холодный период.

Зимой, когда атмосферные процессы формируются под воздействием отрога азиатского барического максимума и черноморской депрессии, наблюдается преобладание ветров восточных румбов. Возрастание барических градиентов в этот период является причиной увеличения скорости ветра. В годовом ходе в Волгограде наблюдается преобладание восточного, северо-восточного и западного направления ветров (рис. 1).

Территория области весьма обширна, поэтому климат в ней не одинаков, наблюдаются заметные его изменения: с северо-запада на юго-восток. В этом направлении увеличивается континентальность, убывают осадки, возрастает испаряемость и засушливость.

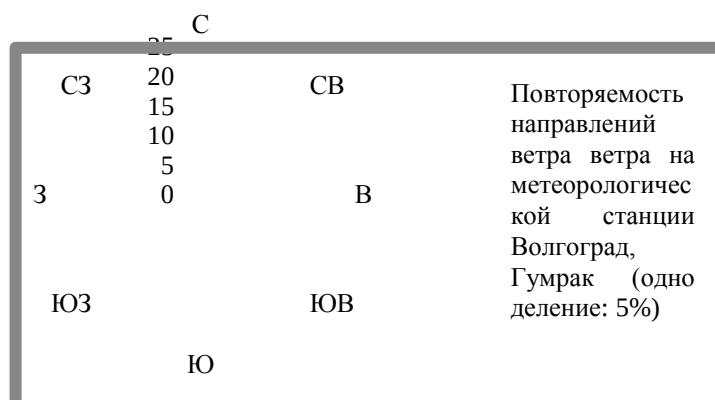


Рис. 1. Повторяемость направлений ветра и штилей на метеорологической станции Волгоград, Гумрак [22, с. 19]

Волгоградский аэропорт располагается на юго-востоке европейской территории России на правом возвышенном берегу Волги с абсолютной

Приволжская возвышенность является водоразделом рек Волги и Дона в их среднем течении и имеет эрозийный рельеф, осложненный вдоль берега Волги оползнями. Максимальные превышения значительны. Так, в 80км северо-западнее аэропорта абсолютные отметки достигают 250м над уровнем моря.

Физическая карта Саратовской области. Карта отображает рельеф, реки и административные границы. В легенде указаны высоты над уровнем моря в метрах: выше 300 м, 250 м, 200 м, 150 м, 100 м, 50 м, 0 м, ниже.

Восточные склоны Приволжской возвышенности более резко выраженные, чем западные, круто обрываются в сторону Прикаспийской

низменности, которая представляет собой довольно ровную поверхность с абсолютными отметками 20-30м над уровнем моря.

Таким образом, характерной особенностью рельефа аэропорта является наличие обширной низменной равнины с восточной стороны и значительных превышений Приволжской возвышенности и Ергеней по правому берегу Волги, вытянутых стеной с юго-запада на северо-восток. В 15км от аэропорта протекает река Волга, северо-восточнее аэропорта в 25км начинается Волгоградское водохранилище общей протяженностью 500км. В 30км от аэропорта на северо-западе протекает река Дон, на юго-западе, удаленностью 50км находится Цимлянское водохранилище. Южнее аэропорта в 30км расположен Волго-Донской судоходный канал и Сарпинские озера, вытянутые в виде цепи с северо-северо-востока на юго-юго-восток.

1.2 Общая характеристика климата

Климат Волгоградской области – континентальный. Особенностью континентального климата являются большие амплитуды колебания температур. Среднемесячные амплитуды в области 30-32°, а максимальных и минимальных температур -70-80°. В июле суточная амплитуда может достигать 11-12° [9, с.112].

Континентальность климата Волгограда объясняет преобладание антициклонической циркуляции над циклонической.

Волгоградская область получает много тепла и имеет длительный вегетационный период. Продолжается он от 145-160 дней на севере до 165-175 дней на юге. Сумма положительных среднесуточных температур воздуха выше +10° за вегетационный период на севере составляет 2840°, на юге -3265°. Этих запасов тепла вполне достаточно для вызревания пшеницы, ржи, подсолнечника, сахарной свеклы, винограда и других сельскохозяйственных культур.

При обилии тепла и света большое значение для сельского хозяйства

имеют атмосферные осадки. Однако их наша область получает явно недостаточно. В Заволжье в течение года выпадает всего 270-300 мм осадков, на северо-западе – 400-500мм. Две трети осадков приходится на теплый период (с апреля по октябрь). Большое количество их выпадает летом, когда испаряемость, к сожалению, превышает осадки, а потому в случае засухи почти бесполезны (рис. 3).



Рис. 3. Климатическая карта Волгоградской области [8, с. 31]

Климатические характеристики сезонов года Волгоградской области таковы. Зима малоснежная, с резкими холодными ветрами преимущественно северо-восточных и восточных направлений. Самый холодный месяц - январь.

Средне-январские температуры понижаются с юго-запада на северо-восток от -8 до -12° . В отдельные дни температура опускается до -20 -26° , абсолютный минимум -40° .

Зимой нередки туманы. Больше всего туманов бывает в период с октября по март: около 30 - 40 дней. Но в отдельные годы число таких дней увеличивается до 80 - 90. Туман затрудняет работу транспорта, особенно авиации, так как видимость уменьшается при плотных туманах до 50 -100м [8, с. 32]. Для волгоградской зимы характерно непостоянство: нередки оттепели, когда температура воздуха может повыситься с -15 -20° до $+2$, $+7^{\circ}$.

Весна - самое короткое время года. Она наступает в конце марта, когда среднесуточная температура воздуха поднимается выше 0° и сходит снег. Протекает весна бурно. В первую ее половину резко повышается температура, увеличивается число ясных дней, снег быстро тает, талые воды стремительно скатываются в овраги и балки. Во второй половине весны устанавливается зачастую жаркая погода. Приток арктического воздуха, наоборот, вызывает возврат холодов, заморозки. Весной отмечаются первые грозы.

Лето - наиболее продолжительное в нашем регионе время года. Начинается оно в первой половине мая (на юге 6 - 8 мая, на севере: 14 - 18 мая) с переходом среднесуточной температуры воздуха через отметку $+15^{\circ}$. Лето в нашей области жаркое и сухое; преобладают солнечные знойные дни, много пыли. Самый жаркий месяц - июль. Среднеиюльские температуры повышаются с северо-запада на юго-восток - до 22 -24° . В жаркие дни воздух прогревается до 34 - 36° , а абсолютный плюсовый максимум составляет 41 - 45° . Летом преобладают ветры западных и Северо-западных направлений.

Во второй половине сентября наступает осень. В это время среднесуточная температура воздуха понижается и стабильно становится ниже $+15^{\circ}$. Осень раньше приходит на северо-восток и несколько позже - на юго-запад. Она теплая, продолжительная, по сути дела - лучшее время года. Особенно хорош сентябрь, являясь продолжением лета, но без иссушающей жары.

В октябре отмечаются заморозки, увеличивается число пасмурных дней, чаще выпадают дожди, но иногда ненадолго возвращается тепло. В ноябре много пасмурных дней, часто идут морозящие дожди, наступает пора осенних туманов. В конце месяца нередки снегопады, морозы.

Физико-географическое положение Волгоградского аэропорта с его, сравнительно равнинной местностью, большой удаленностью от морских бассейнов, скудной растительностью и частой повторяемостью переноса сухого воздуха с востока, на первый взгляд не является благоприятным условием для частой повторяемости сложной погоды, нарушающей регулярность полетов воздушных судов и не способствующей образованию низкой облачности и, тем более, туманов.

Однако, в действительности, в Волгоградском аэропорту повторяемость низкой облачности и тумана значительно превышает повторяемость этих явлений в других аэропортах Северо - Кавказского региона, где физико-географические условия для их образования более благоприятны.

Глава 2 Условия образования облаков, их классификация и строение

2.1 Условия образования облаков, их классификация, микрофизическое строение

Советскими метеорологами уделялось большое внимание исследованию облачности. Огромное научное и практическое значение имеют работы П. А. Молчанова, В. Н. Оболенского, Е. С. Селезневой, А. М. Боровикова, Е. Г. Зак, В. А. Зайцева, В. И. Унукова и др.

Согласно их исследованиям, мы знаем, что облако представляет собой систему взвешенных капель воды или кристаллов льда, образующих как бы туман на некоторой высоте над поверхностью земли [16, с.12].

С точки зрения микрофизического строения принципиальной разницы между облаками и туманами не существует. Различие между облаками и туманами наблюдается только в условиях их образования и в вертикальной мощности. При этом облака играют огромную роль в деятельности атмосферы:

- они оказывают существенное влияние на тепловой режим земной поверхности и атмосферы;
- они являются источником осадков, играющих решающую роль в жизни растительного и животного мира Земли;
- они служат показателем тех физико-метеорологических процессов, которые протекают в свободной атмосфере.

Данные об облаках дают возможность метеорологу более точно оценить синоптическую обстановку и дать прогноз погоды. Облака - один из важнейших факторов того сложного комплекса метеорологических явлений и процессов, который носит название погоды.

Облака являются важнейшим элементом погоды. В зависимости от них, а также от связанных с ними осадков и погода бывает разной (например, пасмурной или ясной). Облака возникают под воздействием сложных термодинамических процессов, приводящих водяной пар к конденсации и сублимации, и являются видимым отображением этих процессов. По внешнему

виду облаков, их форме, высоте, вертикальной и горизонтальной протяженности косвенно можно судить о причинах, приведших к облакообразованию, о процессах, происходящих в облаках, а, следовательно, и об условиях полетов в облаках. По направлению и скорости перемещения облаков можно составить представление о направлении и скорости движения воздуха на соответствующих высотах. Вместе с тем облака это не только показатель текущей погоды, но и определенные предвестники ее изменений. Поэтому они в ряде случаев являются и местными признаками будущей погоды [14, с.549].

Одним из важнейших условий образования и развития облаков является небольшое пересыщение водяного пара и наличие ядер конденсации. Пересыщение может возникнуть либо вследствие охлаждения воздуха ниже точки росы, либо за счет дополнительного притока влаги. Поскольку облака находятся на той или иной высоте от земной поверхности, пересыщение в основном обуславливается не поступлением дополнительной влаги от земной поверхности, а охлаждением.

Основными причинами, вызывающими охлаждение воздуха в свободной атмосфере и приводящими к образованию облаков, являются: адиабатическое расширение, турбулентный обмен и излучение [7, с.79].

Адиабатическое расширение воздуха происходит при его вертикальном подъеме. При этом процессе в воздухе, не насыщенном водяным паром, температура понижается на 1°C на каждые 100м высоты. В зависимости от интенсивности восходящих вертикальных движений, а также от того, какие по размеру массы воздуха они охватывают, формируются облака различной формы и разной горизонтальной и вертикальной протяженности. Так, при интенсивной конвекции формируются облака, значительно развитые по вертикали, но сравнительно небольшой горизонтальной протяженности. В зонах атмосферных фронтов, где на больших площадях происходит медленный упорядоченный подъем воздуха, его адиабатическое расширение и охлаждение приводит к образованию облаков, занимающих большие территории.

Восходящие движения воздуха - основная причина формирования больших масс облаков.

Турбулентный обмен, приводящий к охлаждению воздуха, зависит от характера вертикального распределения температуры.

Излучение происходит не только от земной поверхности, но также от различных примесей атмосферного воздуха: пылинок, частичек дыма, ядер конденсации и т. п. Эти примеси, находясь под задерживающими слоями и излучая радиацию в ночное время, могут охладить воздух настолько, что водяной пар достигнет пересыщения и возникнут облака. Именно этот процесс характерен для образования некоторых видов подинверсионных облаков.

Каждый из этих процессов приводит к образованию различных форм облачности. В зависимости от условий образования облачность имеет различный внешний вид нижней и верхней границ, различную вертикальную мощность и различное внутреннее строение.

Принятая в настоящее время международная классификация облаков, разработана международной облачной комиссией в 1929 - 1932 гг. [16, с.526]

Согласно международной классификации облака подразделяются по форме и высоте расположения.

1 принцип - классификация по форме.

2 принцип - классификация по высоте.

В зависимости от высоты расположения все облака подразделяются на четыре семейства или класса. Каждое семейство облаков включает в себя несколько основных родов облаков. Во всех четырех семействах насчитывается десять основных родов.

Каждый основной род в свою очередь подразделяется на несколько видов и разновидностей.

Первое семейство - облака верхнего яруса. Нижняя граница в среднем выше 6км над земной поверхностью. Верхняя граница облаков этого яруса может достигать высоты 9-11км: перистые (рис. 4), перисто-кучевые, перисто-слоистые.

Облака верхнего яруса состоят из ледяных кристаллов. Облака верхнего яруса могут иметь большую вертикальную мощностъ (верхняя граница может лежать в пределах нижней стратосферы).



Рис. 4. Перистые облака¹

Второе семейство - облака среднего яруса. Средняя высота нижней границы 2 км, верхней - 6 км, при этом возможны также значительные отклонения от этих средних значений. Это семейство включает два основных рода: высококучевые и высокослоистые облака.

Третье семейство - облака нижнего яруса. Нижняя граница этих облаков располагается вблизи земной поверхности, верхняя - в среднем на высоте 2км. Это семейство включает три рода облаков: слоисто-кучевые, слоистые и слоисто-дождевые.

Четвертое семейство - облака вертикального развития. Это семейство состоит из кучевых (рис. 5) и кучево-дождевых облаков. Нижнее основание облаков этого семейства лежит в пределах нижнего яруса (в среднем около 500м), вершина может простирается до значительных высот (вплоть до перистых облаков). По форме - это кучевообразные облака.

¹ Рисунок получен в процессе исследования



Рис. 5. Кучевые облака²

2.2 Количество, высота нижней границы облаков и её изменчивость

Количество облаков выражается в баллах. Один балл составляет одну десятую часть покрытия неба облаками, 10 баллов - полное закрытие, 5 баллов - закрытие половины небосвода облаками. Степень покрытия неба облаками называется облачностью. Термин «облачность» используется также и для обозначения облаков вообще. В этом случае понятия «облачность» и «облака» имеют одинаковый смысл [1, с.225].

Для оценки метеорологических условий полетов важно знать не только общее количество облаков, но также количество и форму облаков нижнего яруса. Поэтому на карты погоды наносят как данные об общем покрытии неба облаками (общая облачность), так и данные о количестве и форме облаков, имеющих основание на высотах до 2000км.

Метеорологическое обеспечение экипажей воздушных судов регламентируется Федеральными авиационными правилами по «Предоставлению метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов», утвержденные 03.03.2014г №60 (ФАП-60), в которых

² Рисунок получен в процессе исследования

оговорена форма метеорологической информации: METAR (Meteorological Aerodrome Report) – метеорологический код для передачи сводок о фактической погоде на аэродроме, TAF (Terminal Aerodrome Forecast)– код, в котором передаются сводки краткосрочных прогнозов погоды[25, с.5].

Сводки в коде METAR, TAF содержат данные о скорости и направлении ветра, видимости, дальности видимости на ВПП, атмосферных явлениях, облачности, температуре воздуха, температуре точки росы, атмосферном давлении, прогнозе на посадку типа «TREND» (на ближайшие 2 часа).

Во всей этой информации значительное место занимают сведения об облаках и связанных с ними метеорологических явлениях. Информация об облачности указывается по слоям - количество облаков и нижняя граница каждого слоя. Для описания количества облаков используются следующие коды:

- SKC (sky is clear - ясно);
- NSC (nil significant cloud - без существенной облачности);
- FEW (few - незначительная - 1–2 октанта);
- SCT (scattered - рассеянная или разбросанная, 3–4 октанта);
- BKN (broken - значительная или разорванная, 5–7 октантов);
- OVC (overcast - сплошная, 8 октантов).

Пример кодирования облачности в авиационном прогнозе АМСГ Волгоград-I за 15 апреля 2016г. приведен в приложении 1.

Высота нижней границы облаков это расстояние по вертикали от земной поверхности до нижнего основания облаков [5, с.86]. Она является очень важной характеристикой для оценки метеорологических условий полетов. В сети гидрометеорологических станций и аэропортах измеряется разными способами в зависимости от оснащённости метеорологического подразделения техническими средствами. Первыми способами определения высоты облаков были шары-пилоты, прожекторы, светолокаторы, радиолокаторы. Её определяли с помощью самолетов и вертолетов.

К современным приборам измерителем высоты облаков относятся ИВО,

РВО-2 (регистратор высоты облаков). Приборы позволили определить высоту облаков в пределах от 50 до 2000м с погрешностью $\pm 10\%$ высоты.

Принцип действия приборов заключается в том, что мощные фазоразрядные световые импульсы лампы передатчика, отражаясь от параболического зеркала, направляются вверх к облакам. Отразившись от облаков, световые импульсы попадают в приемник. Здесь они преобразуются в электрические сигналы и попадают на электронно-лучевую трубку (ЭЛТ) [24, с.86].

АМСГ Волгоград на сегодняшний день использует приборы ДВО-2, после реконструкции аэропорта и постройки новой взлетно-посадочной полосы, будут использоваться LC31 фирмы «Vaisala» (Финляндия). Облакомер CL31 фирмы «Vaisala» - это компактный легкий прибор для измерения высоты нижней границы облаков и вертикальной видимости. Он способен распознать одновременно три слоя облаков. CL31 идеален для авиации и метеорологических наблюдений, где требуется надежное обнаружение облачности.

Данные МРЛ и ИСЗ в настоящее время успешно используются в практике метеорологического обеспечения гражданской авиации [20, с. 52]. Станции МРЛ оснащены индикаторами двух видов: индикаторами кругового обзора (ИКО) и индикаторами «дальность - высота» (ИДВ).

С помощью ИКО можно получить характеристики облачности по площади, а с помощью ИДВ - вертикальный разрез облачности в каком-либо направлении.

Как правило, дальность обнаружения облачности с помощью МРЛ не превышает 300км.

С помощью МРЛ можно обнаруживать и определять зоны облачности (осадков, ливней, гроз), их местоположение, размеры, направление и скорость перемещения, а также интенсивность и эволюцию обнаруженных явлений, местоположение атмосферных фронтов и целый ряд других характеристик метеорологических объектов (рис.6).

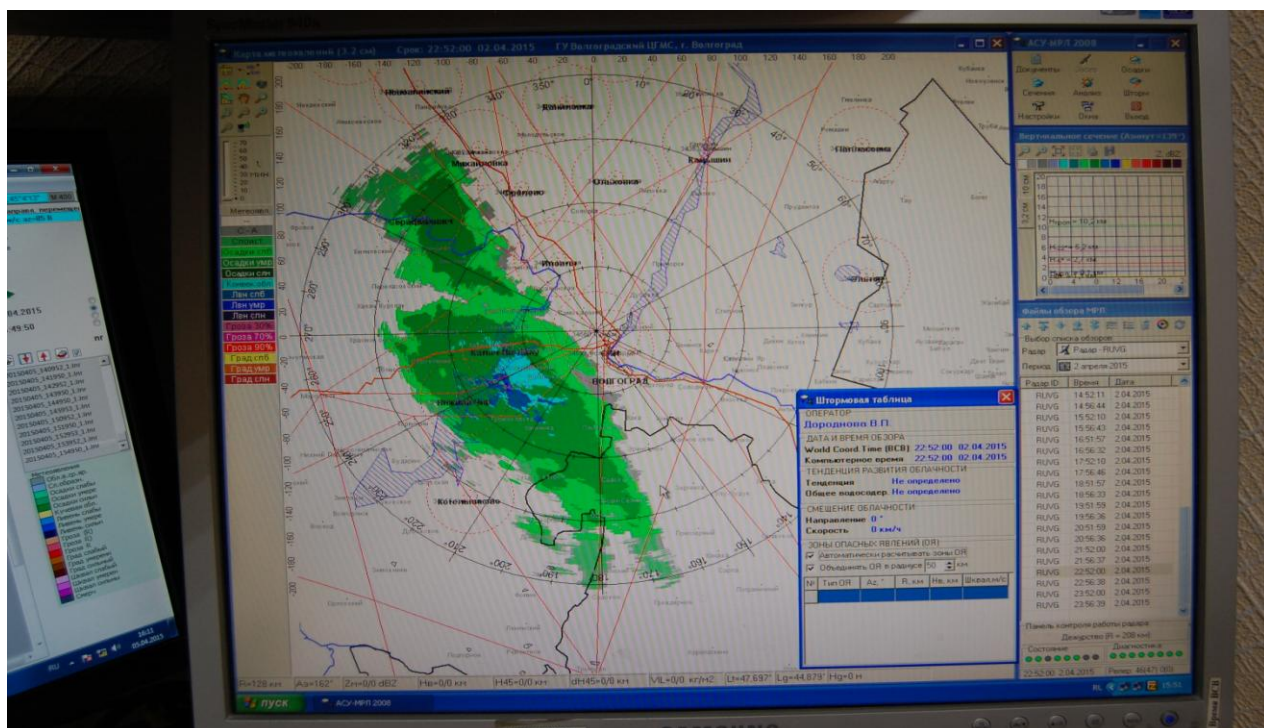


Рис. 6. МРЛ АМСГ Волгоград-I с указанием (зеленым) зон облачности над Волгоградской областью за 04.04.2015г.³

В оперативной работе АМСГ-I Волгоград радиолокационные данные используются в обязательном порядке.

Данные метеорологических искусственных спутников Земли (МИСЗ) также используются при анализе и прогнозе условий погоды для авиации (рис.7).

Эта информация наиболее эффективна при обеспечении полетов над районами с редкой сетью станций (акватории морей и океанов, полярные районы и т. д.).

Однако следует отметить, что для уточнения положения фронтальных разделов, а также эволюции облачных систем данные МИСЗ полезны в любом районе [15, с.251].

Данные МРЛ и данные ИСЗ, хотя в значительной мере и облегчают работу синоптиков, не являются универсальными. Только комплексное использование всего аэросиноптического материала и других

³ Рисунок получен в процессе исследования

метеорологических данных позволяет решить проблему метеорологического обеспечения полетов.

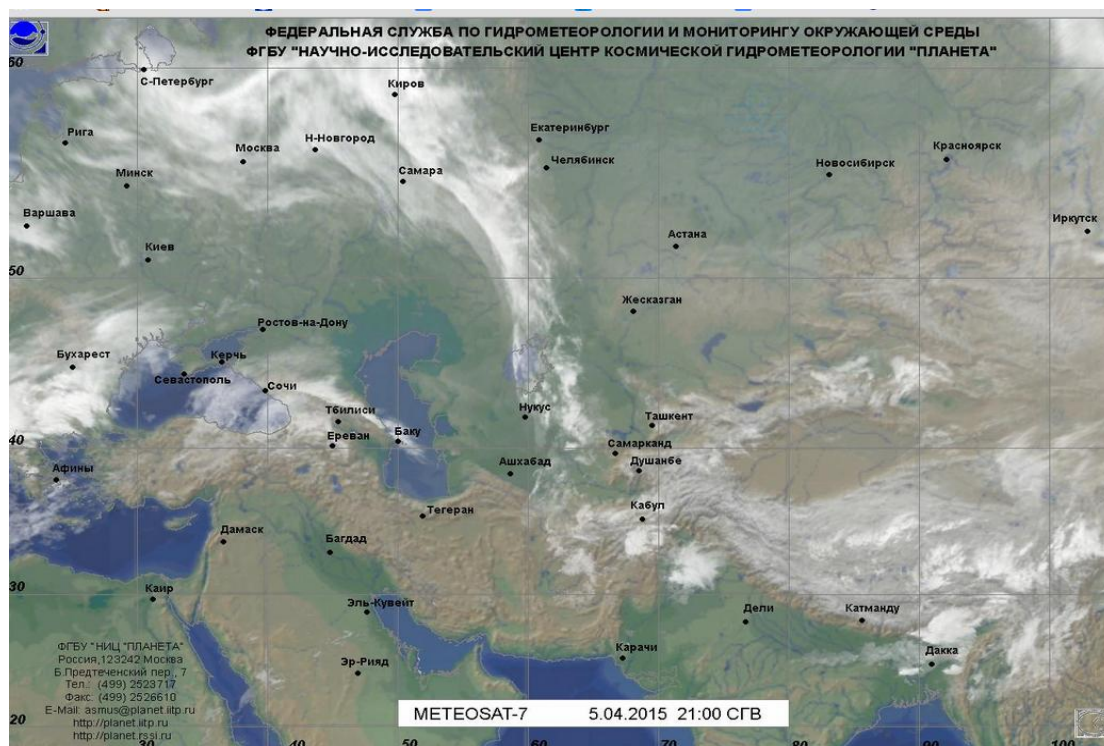


Рис. 7. Данные метеорологического искусственного спутника Земли⁴

Облачность является существенной характеристикой окружающей среды. Формирование облаков зависит от ряда термодинамических величин. Так, изменение атмосферного давления при определенной температуре и влажности способствует облакообразованию. В частности, при адиабатическом расширении влажного воздуха и понижении давления во время его упорядоченного подъема в зонах атмосферных фронтов или при конвекции возникают соответственно фронтальные облачные системы или облака вертикального развития.

В облаках создаются условия, нередко серьезно усложняющие полеты (обледенение турбулентность и др.), а иногда и исключающие возможность полетов (при грозе, шквалах, грозовых смерчах и др.). Особую роль при этом играет влажность. Чем больше влагосодержание воздуха, тем при прочих

⁴ Рисунок получен в процессе исследования

равных условиях интенсивнее облакообразование.

Облака оказывают существенное влияние на полет самолета и деятельность авиации. Проводить полет в облаках значительно труднее, чем вне облаков. Трудности полета в облаках заключаются в следующем: отсутствует визуальная ориентировка, значительно ухудшаются условия видимости, пилотирование самолета производится только по приборам, при отрицательных температурах - обледенение, оказывающее существенное влияние на аэродинамические свойства самолета; во многих видах облаков сильно развит турбулентный обмен, являющийся причиной болтанки и перегрузок самолета.

Глава 3 Синоптические условия образования низкой облачности в аэропорту Волгоград

В главе 3 бакалаврской работы проведен статистический анализ повторяемости случаев низкой облачности и туманов по данным наблюдений АМСГ-I Волгоград за 5-летний период 2010-2014гг. Так как в летний сезон низкая облачность на территории Волгоградского аэропорта образуется очень редко, то в данной работе исследован только холодный период года.

Настоящая глава посвящена исследованию условий образования низкой облачности в районе Волгоградского аэропорта и уточнению прогностических признаков.

За случай образования низкой облачности считалась облачность высотой 300м и ниже. Основным материалом для данной работы явились получасовые и часовые наблюдения с инструментальными замерами высоты нижней границы облаков, аэрологические наблюдения и синоптические карты погоды АМСГ-I Волгоград за период 2010-2014гг.

Выборка по данным дневника АВ-6 числа дней с облачностью ниже 300м за период октябрь-апрель 2010-2014гг. показывает, что облачность наблюдаются во все месяцы холодного периода года. Максимальное число дней и случаев с низкой облачностью бывает в декабре, январе месяцах, минимальное - в апреле.

3.1 Классификация синоптических условий образования низкой облачности в аэропорту Волгоград

Над Волгоградом наблюдалась как фронтальная, так и внутримассовая низкая облачность. Разделение низкой облачности на фронтальную и внутримассовую явилось основным, а поэтому исследование этих двух видов облачности производилось отдельно.

К внутримассовым процессам образования низкой облачности отнесены:

1. Периферия антициклона при адвекции теплого воздуха, теплый сектор циклона.

2. Периферия антициклона при адвекции холода, включая и тыл циклона.

3. Ось гребня и центр антициклона.

К фронтальным процессам отнесены:

1. Теплые фронты и фронты окклюзии по типу теплого фронта.

2. Холодные фронты 1-го рода с волнами.

Данные по дневникам АВ-6 за период октябрь-апрель 2010-2014гг. были упорядочены и систематизированы. Итогом выборки составлена таблица (приложение 2) из которой видно, что из 614 случаев образования низкой облачности 46% случаев связано с внутримассовыми и 54% случаев с фронтальными процессами. В феврале и марте роль внутримассовых процессов в образовании низкой облачности возрастает до 51-54% случаев.

При образовании низкой внутримассовой облачности 78% случаев составляют облака, образованные в теплой воздушной массе, и только 22% случаев составляют облака, образованные в холодной воздушной массе, из них 12% - в передней части антициклонов и тылу циклонов и 10% - на осях гребней и центрах антициклонов.

Основным и наиболее распространенным процессом при образовании низкой облачности является адвекция теплого и влажного воздуха и его охлаждение над холодной подстилающей поверхностью. При этом процессе облака образуются исключительно в холодную половину года (октябрь-март) и лишь в отдельные годы возможно их образование в апреле месяце.

В теплое время года подстилающая поверхность в районе Волгограда сильно прогрета и всегда теплее притекающего на нее воздуха, поэтому притекающий воздух, прогреваясь, удаляется от состояния насыщения и низкая облачность не образуются.

Произведен подробный анализ всех случаев образования внутримассовой низкой облачности в теплой воздушной массе, в результате чего, все синоптические процессы, обусловившие возникновение низкой облачности,

можно разделить на три типа:

1. Западная и юго-западная периферия Сибирского антициклона (59% случаев).
2. Периферия Азорского антициклона при адвекции тепла с запада и юго-запада (10% случаев).
3. Теплые сектора циклонов (31% случаев).

Тип 1. Юго-западная периферия Сибирского антициклона. При процессе 1 типа Волгоград находился под влиянием восточного и юго-восточного потока, обусловленного юго-западной периферией антициклона, занимающего северо-запад Казахстана (рис. 8). С высоты 300м восточный поток изменяется на юго-западный, который вызван наличием высотной ложбины, занимающий всю европейскую территорию России и ориентированный с севера на юг.

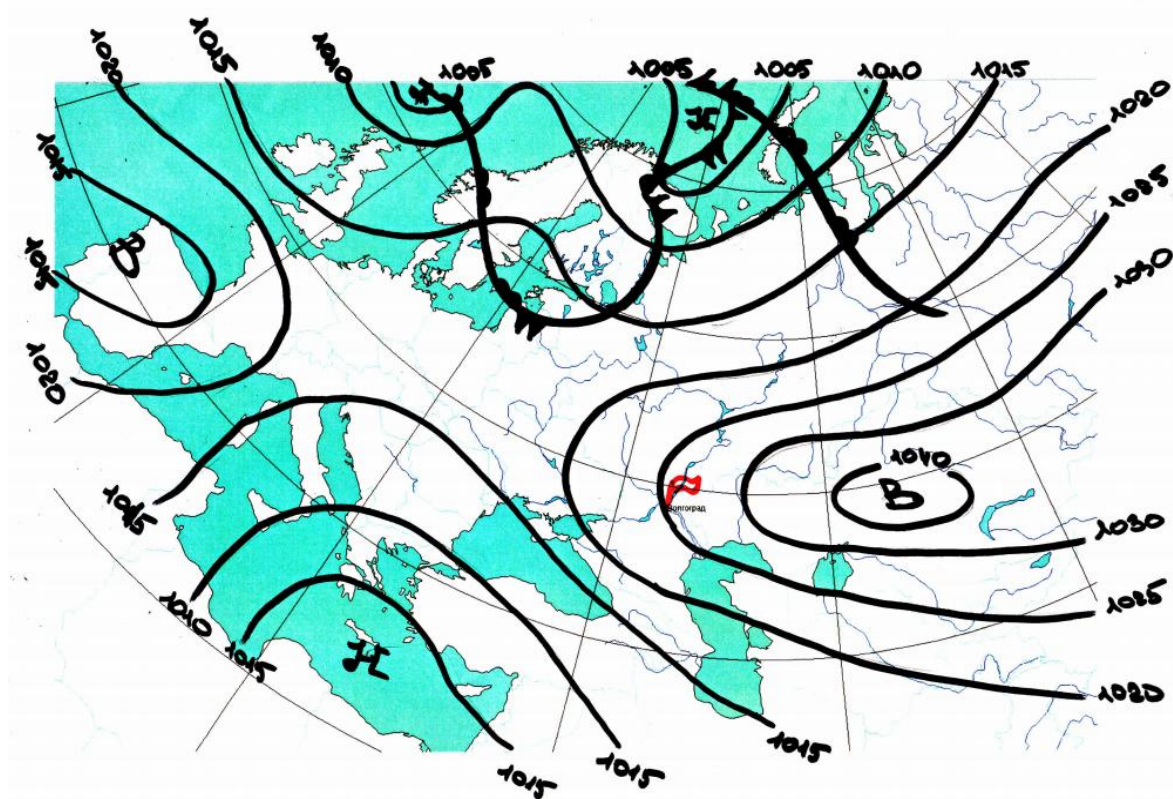


Рис. 8. Карта-схема синоптического положения (тип 1), при котором г. Волгоград находится под влиянием восточного и юго-восточного потока, обусловленного юго-западной периферией антициклон⁵

⁵ Рисунок получен в процессе исследования

В этом случае юго-западными потоками приносится влажный и теплый воздух из районов Черного моря. Поступающий воздух охлаждается при смещении над более холодной подстилающей поверхностью и нижним слоем воздуха; одновременно, накладывается радиационный фактор. Охлаждаясь, воздушная масса достигает насыщения.

Во всех случаях перед образованием низкой облачности отмечался инверсионный ход температуры. Разница на верхнем и нижнем слое инверсии составляет 6-9°C, то есть инверсия резко выражена. Все это способствует образованию низкой облачности.

Повышение высоты низкой облачности отмечается при смене направления потока в нижнем 3-х км слое, особенно когда юго-западный поток изменяется на северо-западный, то есть происходит заток более сухого и холодного воздуха, а также при усилении гребня Сибирского антициклона - повороте ветра выше 300 метров на восточный.

Таким образом, образование низкой облачности происходит в период наиболее интенсивной адвекции теплого и влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность. Поступление теплого воздуха прослеживается и на уровне 850 Мб поверхности.

Важную роль в образовании низкой облачности при данном типе синоптических процессов играет рельеф окружающей местности. Так как местность в районе аэропорта Волгоград на 100-120м превышает восточные и южные районы области, то при юго-восточном и южном переносе теплого и достаточно увлажненного воздуха происходит вынужденный подъем, который наряду с адиабатическим охлаждением, приводит к дополнительному его охлаждению и образованию низкой слоистой облачности. Условия образования и прогностические признаки будут рассмотрены более подробно ниже.

Тип 2. Отрог Азорского антициклона. При данном типе отрог Азорского антициклона располагается над Нижним Поволжьем и Кавказом. Волгоград находится под влиянием Северной периферии Азорского максимума у земли и на высотах, т.е. наблюдается хорошо выраженный западный и юго-

западный поток. По северной периферии антициклона перемещается относительно теплый морской воздух, циркулирующей в теплых секторах циклонов, расположенных севернее. При данном типе образование низкой облачности наблюдается лишь в 10% случаев. Это говорит о том, что данное синоптическое положение в Волгограде бывает редко. Типовая схема изображена в приложении 2.

Тип 3. Теплый сектор циклона. Образование низкой облачности в теплом секторе циклона составляет 31% случаев. Типичная схема процесса изображена в приложении 2. Низкая облачность в теплых секторах циклонов образуется только в холодную половину года, когда имеет место большой контраст температуры между передней частью циклона и его теплым сектором. Во всех случаях образование низкой облачности, при данном типе синоптических процессов, имело место хорошо выраженная адвекция теплого и влажного воздуха. Адвекция тепла прослеживается и на высотах.

Из приложения 3 видно, что образование фронтальной низкой облачности наблюдается в течение всего холодного периода года с максимумом в январе. Наибольшую повторяемость (39%) из рассмотренных 332 случаев фронтальной низкой облачности имеют место ее образования при прохождении медленно движущихся холодных фронтов с волнами, 33% случаев выпадает на теплые фронты и фронты и окклюзии по типу теплого. Остальные 28% распределяются следующим образом: холодный фронт фронты 2-го рода - 10%, фронты окклюзии по типу холодного фронта - 8%, стационарные фронты - 10%.

При этом наиболее неблагоприятные условия погоды наблюдаются при прохождении медленно движущихся холодных фронтов с волнами, а также при прохождении теплых фронтов. Низкая облачность при этих процессах удерживается очень долго.

Часто имеет место тот факт, что низкая облачность, образовавшееся перед теплым фронтом в результате адвекция теплого воздуха в тылу разрушающегося антициклона, сливается с облачностью теплого фронта, затем - теплого сектора. При этом преобладает очень низкая облачность ниже 100м,

периодически переходящая в туман и лишь в отдельные, послеполуденные часы, наблюдается непродолжительное повышение облачности до 100-200м или 200-300м. Низкая облачность образовавшиеся при прохождении фронтов 2-го рода кратковременна и более 4-6 часов не удерживается.

3.2 Метеорологические и аэрологические особенности образования низкой облачности

Анализ материала показал, что существует тесная связь низкой облачности с целым рядом метеорологических элементов и явлений погоды. Образование низкой облачности связано с теми атмосферными процессами, которые приводят к насыщению воздуха в приземном слое.

Для образования низкой облачности важное значение имеют выпадающие осадки, которые увлажняют нижние слои воздуха и тем самым, способствует образованию низких облаков. **Характер осадков** накладывает отпечаток на высоту облаков. Так, при морозящих осадках в 83% случаев облака бывают ниже 100м, а при поземках или низовых метелях снижение облачности ниже 100м не наблюдается. Облака высотой 100-200 метров отмечаются только в 10% случаев.

Появление низкой облачности обычно сопровождается ухудшением **видимости**. Высота облаков 100м и ниже в 49% случаев наблюдалось при горизонтальной видимости менее 2км. При видимости более 4км облачность высотой 100м и ниже была только в 35% случаев. Облачность высотой 200-300м отмечалась в 80% случаев при видимости более 6км.

Горизонтальная видимость при низкой облачности находится в строгой зависимости от **скорости ветра у поверхности земли**, при слабом ветре до 2 м/с, в подавляющем большинстве случаев (89%), низкая облачность сопровождается ухудшением видимости до 4 и менее км. При ветре 7-10 м/с в 67% случаев - видимость более 10км. При скорости ветра более 15 м/с низкая облачность не сопровождается ухудшением видимости менее 6км.

Направление переноса является одним из признаков возможности появления низких облаков. В районе аэропорта Волгоград облачность высотой 300м и ниже в 67% случаев отмечается при ветре восточный четверти со скоростью 10 м/с. Анализ данных отражен в табл. 2. Очень редко низкая облачность отмечается при ветре северной четверти горизонта.

Таблица 2

**Повторяемость высоты (в процентах) облаков 300м и ниже в районе
аэропорта Волгоград в зависимости от направления ветра⁶**

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Число случаев	5	22	69	91	19	23	20	21
Соотношение, %	2%	8%	25%	34%	8%	12%	6%	5%

Наиболее часто низкая облачность наблюдается при скорости ветра 3-10 м/с 81% случаев. При штиле образование низкой облачности практически исключено. Верхним пределом, при котором практически возможно образование низкой облачности являлась скорость ветра 15 м/с.

Облачность 100м и ниже образуются в 86% случаев при **относительной влажности** 94%, облака высотой 100-200м образуются в 84% случаев при относительной влажности 91-99%, а облачность высотой 200-300м образуется, в основном, при относительной влажности 88-93%.

Облачность высотой 100м и ниже в холодный период года в 69% случаев отмечалось **при температурах** от -6°C до +6°C. Максимальное число образований падает на температуры близкие к нулевым температурам (от -3°C до +3°C) и составляет 42% случаев. При температурах -10°C и ниже низкая облачность бывает очень редко и составляет 9% случаев.

Для характеристики степени насыщения воздуха при образовании низкой облачности были **подсчитаны разности между температурой и точкой росы** у поверхности земли и на высотах до 1500м. Анализ данных показывает, что

⁶ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

перед образованием внутримассовой низкой облачности у поверхности земли в 89% случаев $T-T_d$ менее 2°C , на высоте 300-600 м преобладают также значения разности менее 2°C . На высотах 900 и 1500 м заметно увеличивается повторяемость случаев, когда $T-T_d$ менее 3°C . Таким образом, перед образованием низких облаков нижний слой (0-600м) воздуха оказывается близким к насыщению.

Анализ **аэрологического материала** показал, что во всех случаях образование низкой облачности в Волгограде, стратификация нижнего слоя атмосферы (0-1500м) была устойчивой (93%):

- случаев наличия инверсии – 83%;
- случаев наличия изотермии – 10%;
- случаев без инверсии и изотермии – 7%.

При этом была рассмотрена вертикальная мощность слоя инверсии при образовании низкой облачности. Во всех случаях вертикальная мощность слоя инверсии редко превышала 1000м. Максимальное число случаев образования низкой облачности приходится на случаи, когда вертикальная мощность задерживающего слоя была от 200 до 500м – 41%.

По итогам собранных данных, можно сделать следующие **выводы**:

1. Низкая облачность в районе аэропорта наблюдается, главным образом, в холодный период года с октября по апрель месяцы. Наибольшее число дней и случаев с низкой облачностью бывает в декабре и январе в среднем 21-22 дня с низкой облачностью.

2. Низкая облачность в большинстве случаев наблюдается при восточном, юго-восточном направлении ветра со скоростью 10 м/с и температуре воздуха у поверхности земли от 6 до -6°C - 69% случаев. При северном ветре образование низкой облачности, почти, исключено.

3. Характер осадков накладывает отпечаток на высоту облаков. Так, при морозящих осадках, 83% случаев облачность ниже 100м.

4. Высота облаков 100м и ниже всегда наблюдается при видимости менее 2км и скорости ветра до 2 м/с, при скорости ветра 7-10 м/с видимость в 67%

случаев более 10км, а при ветре 15 м/с низкая облачность не сопровождается ухудшением видимости менее 6км.

5. Показатели относительной влажности для образования низкой облачности таковы: облачность ниже 100м образуется в 86% случаев при относительной влажности 94-100%, а облака 100-200м в 84% случаев при относительной влажности 91-99%.

6. При образовании низкой облачности вертикальная мощность инверсии в 41% случаев приходится на слои от 200 до 500м, при инверсиях с вертикальной мощностью 100-200м образование низкой облачности исключено.

7. Основные синоптические процессы, обусловившие образование низкой облачности в теплой воздушной массе: западная и юго-западная периферия Сибирского антициклона; юго-восточная периферия Азорского антициклона при адвекции тепла с запада и юго-запада; теплые сектора циклонов.

3.3 Условия образования низкой облачности и тумана в аэропорту Волгоград при ветрах восточной четверти

По данным табл. 3 был сделан вывод о том, что для аэропорта Волгоград наибольшая повторяемость случаев (34%) приходится на условия образования низкой облачности при ветрах восточной четверти.

Физико-географическое положение Волгоградского аэропорта с его, сравнительно равнинной местностью, большой удаленностью от морских бассейнов, скудной растительностью и частой повторяемостью переноса сухого воздуха с востока, на первый взгляд не является благоприятным условием для частой повторяемости сложной погоды, нарушающей регулярность полетов воздушных судов и не способствующей образованию низкой облачности и, тем более, туманов.

По архивным данным 1957-59гг. разборов оперативных прогнозов по аэродрому Волгоград известно, что повторяемость образования низкой

облачности и туманов на аэродроме в 5 раз более, чем в г. Волжском (табл.3).

Таблица 3

Число дней с облачностью ниже 100м и туманов в аэропорту Волгоград и в г. Волжском 1957-1959гг.⁷

Направление ветров Пункты	070-160°	160-250°	250-340°	340-070°	Сумма
А/п Волгоград	121	90	44	47	302
г. Волжский	34	9	3	6	52

При ветрах же восточной четверти число дней с низкой облачностью и туманом является наибольшим и в аэропорту, и в г. Волжском (121 и 34 дня соответственно), однако в аэропорту число этих дней в 2,8 раза больше, чем в г. Волжском.

Эти данные заставили предположить, что на образование низкой облачности и туманов в районе Волгоградского аэропорта существенную роль оказывает, хотя и незначительное, 145м превышение аэродрома над Прикаспийской низменностью.

Анализ таблицы 4 показывает, что в районе Волгоградского аэропорта, при любых направлениях ветров число дней с туманами и низкой облачностью намного превышает число таких дней в г. Волжском. Это объясняется тем, что вследствие малой изменчивости уровня конденсации от одного пункта к другому, нижняя граница облачности стремится сохранить квазистационарное положение, в результате чего один и тот же слой облачности располагается над возвышенными местами на меньшей высоте, чем над низменными. Таким образом, наибольшая повторяемость числа дней с низкой облачностью и туманом в аэропорту можно объяснить его превышением над окружающей местностью. Несмотря на свою, казалось небольшую высоту - 145м, превышение аэродрома оказывает существенное влияние на образование этих явлений и, при соответствующих условиях, дает такой же эффект, как и в

⁷ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

случаях, когда облачность, туман и осадки образуются на наветренных склонах крупных возвышенностей и плато (рис. 9).

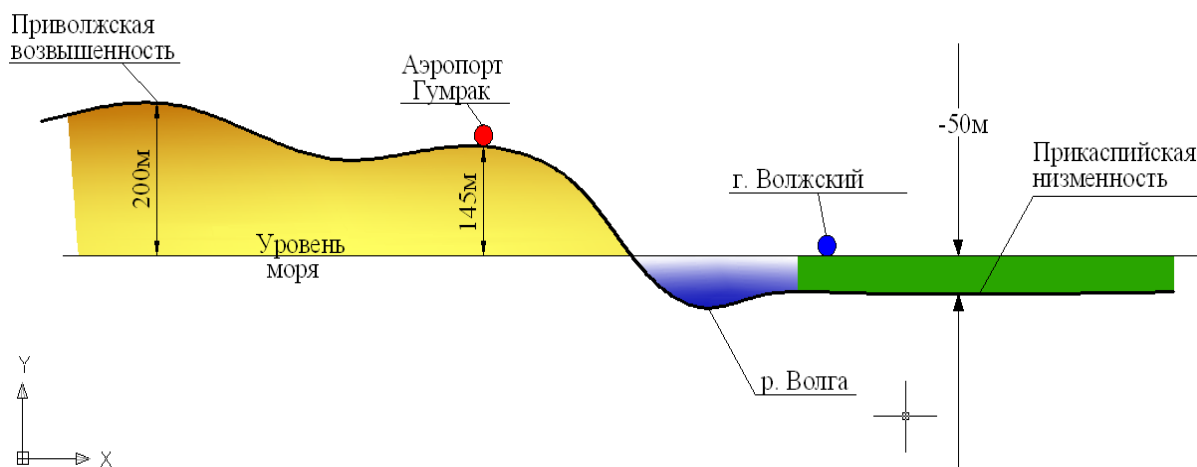


Рис. 9. Схема вертикального разреза рельефа местности аэропорта Волгоград, выполнена автором⁸

Кроме того, в 76% случаев образование низкой облачности в аэропорту отмечалось на 2-9 часов раньше, чем в г. Волжском. В остальных 24% случаев начало их образования было одновременным.

Время рассеяния тумана в аэропорту и г. Волжском отмечалось также неодновременным. В 82% случаев рассеяние тумана в аэропорту на 2-12 часов отмечалось позже, чем в г. Волжском. В остальных 18% случаев рассеяние тумана было одновременным. Следовательно, поднимаясь на высоту аэродрома, воздушные массы быстрее охлаждаются, раньше достигают состояния насыщения, и низкая облачность или туман образуются раньше, дольше сохраняются и позже рассеиваются.

Анализ синоптических условий образования низкой облачности и туманов в районе Волгоградского аэропорта при ветрах восточной четверти показал, что основным аэросиноптическим процессом является взаимодействие гребня Сибирского и Казахстанского антициклона и Черноморской депрессии.

Сибирский антициклон представляет собой высокое и устойчивое во

⁸ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

времени барическое образование, который длительное время находится над южной половиной Западной Сибири. Приземный гребень его через районы Казахстана ориентирован на европейскую территорию страны и Поволжье. У поверхности земли в этот период преобладают холодные восточные ветры, приносящие сухой и холодный воздух с районов Казахстана.

Черноморская квазистационарная депрессия также является высоким барическим образованием и длительное время находится над южными морями. На высоте ей соответствует высотная ложбина, передняя часть которой занимает европейскую территорию страны и Поволжье и, обуславливая здесь юго-западные и южные потоки во всей толще тропосферы, начиная с малых высот (300-600м), непрерывно обеспечивает вынос теплого и влажного воздуха с южных морей.

Таким образом, над районами Волгоградской области взаимодействуют две воздушные массы с различными физическими свойствами: сухой и холодный воздух с районов Казахстана у поверхности земли, и теплый и влажный с южных морей – в пограничном слое.

Перемещаясь над клином холодного воздуха и холодной подстилающей поверхностью, поступающий теплый и богатый влагой воздух с южных морей охлаждается. При достижении состояния насыщения, в нем начинается процесс конденсации и образования облаков. С течением времени при непрерывной адвекции тепла и влаги облачная масса увеличивается в объеме и, опускаясь до земли, переходит в туман.

В результате такого взаимодействия двух масс всё время поддерживается и сохраняется необходимый температурный контраст и, как результат - длительное сохранение туманов и низкой облачности. Температурный контраст взаимодействующих масс увеличивается, если усиливается антициклон и его гребень над Поволжьем. Ветры у поверхности земли в этом случае от восточных переходят к северо-восточным, увеличивается угол « α » между приземным направлением ветра и направлением ветра на высоте начиная с 300м, и чем больше этот угол, т.е. чем контрастнее взаимодействие двух масс,

участвующих в образовании низкой облачности, тем вероятнее, что низкая облачность перейдет в туман. Установлено, если угол « α » более 30° , отмечается туман в 93% случаях при прочих благоприятных условиях.

При увеличении угла « α » более 50° низкая облачность обязательно переходит в туман, который сохраняется длительное время, более суток. В остальных 7% случаев, если угол « α » больше 30° - туман рассеивается, а низкая облачность повышается.

Выявлено, если же угол « α » менее 20° (то есть направление ветров у поверхности земли и на высоте становится одинаковым) температурный контраст взаимодействующих масс уменьшается, и, следовательно, поток у земли и на высоте становится более однородным, низкая облачность повышается, туман рассеивается.

Во всех случаях перед образованием туманов и низкой облачности отмечается устойчивая стратификация атмосферы и образование глубоких инверсий, до 14° и более. Удельная влажность в задерживающих слоях достигала значений более 6 г/кг и увеличивалась с течением времени. Дефициты в подинверсионном слое и в задерживающих слоях малы и находятся в пределах $0,3-0,9^\circ$.

Отмечено, что в случаях образования низкой облачности или её снижения, относительная влажность увеличивается на 2-3%, чем в предшествующие 3 часа перед её образованием. В случаях образования тумана или опускания низкой облачности до земли (переход её в туман), относительная влажность в предшествующие 3 часа увеличивается на 7% и более и продолжала увеличиваться в течение всего времени его сохранения до полного насыщения воздуха.

Не менее важную роль в образовании низкой облачности и туманов играет турбулентный обмен. Как известно, основным показателем активного турбулентного обмена в пограничном слое являются:

- наличие скорости ветра более 3 м/сек ;
- возрастание скорости ветра с высотой в конце слоя инверсии.

Так, в случаях образования низкой облачности за 3-6 часов перед её образованием, по высотам отмечался слабый турбулентный обмен - 59%, то есть скорость ветра с высотой до 300м увеличивалась на 2-3м/с. В 23% случаях отмечалась увеличение скорости ветра с высотой на 7-8 м/с. В остальных 18% случаев отмечалось ослабление скорости ветра с высотой на 2-3м/с.

Анализ метеорологических и аэрологических условий образования низкой облачности и туманов позволил определить **прогностические признаки образования и рассеивания** этих опасных для авиации явлений:

1. Аэросиноптические условия таковы:

- развитие синоптических процессов, способствующих переходу ветров на восточные у поверхности земли и юго-западные на высотах;
- наличие глубоких многослойных инверсий.

2. Низкая облачность образуется:

- угол « α » между приземным направлением ветра и направлением ветра на высоте 300м более 20°;
- рост относительной влажности за 3 часа до образования низкой облачности при значениях её более 90% составляет 1-2%;
- увеличение скорости ветра на высоте 300м более 3м/сек.

3. Туман образуется:

- угол « α » между приземным направлением ветра и направлением на высоте 300м более 30°;
- рост относительной влажности за 3 часа до образования тумана при абсолютных значениях 95% более чем на 2%;
- увеличение скорости ветра на высоте 300м в 2 раза более приземного.

3. Туман рассеивается (низкая облачность сохраняется):

- уменьшение угла « α » менее 20°. Переход ветра на юго-западный (180-220°) у земли и на высотах, т.е. общая адвекция тепла;
- уменьшение относительной влажности за 1-2 часа до рассеяния тумана более 3%;

- уменьшение скорости ветра на высотах.
- низкая облачность рассеивается или повышается;
- угол « α » менее 10° . У земли и на высоте образуется однородный поток восточной четверти;
- общая адвекция холода;
- уменьшение относительной влажности более 3%.

Рассмотрен и проанализирован случай образования низкой облачности и тумана за **14-15 февраля 2016 года** с учетом местных особенностей при ветрах восточной четверти.

По синоптической карте за 12 utc 14.02.2016г. погода в аэропорту Волгоград определялась юго-западной периферией Сибирского антициклона с центром в район Нижневартовска (давление в центре 1046,1 гПа). Антициклон - высокое барическое образование, прослеживался до высоты 300 гПа.

Над Европейской частью России, Черным морем располагается обширная барическая ложбина, связанная с малоподвижным циклоном с центром в районе Праги (давление в центре 983,1 гПа). Циклон - высокое барическое образование, прослеживается до высоты 400 гПа. Циклон заполняется, давление за последние сутки выросло на 2,8 гПа. Высотная фронтальная зона по карте АТ-850 12 utc, связанная с этим циклоном, проходит через пункты Атырау - Саратов - Воронеж - Минск - Киев - Прага. Контраст температур в зоне теплого участка фронта составляет $6-8^\circ\text{C}$ на 1000км. Район Волгограда фронт прошел в предыдущие сутки и влияния на погодные условия не оказывал.

По карте АТ-850 гПа за 12 utc район Волгограда определяла высотная барическая ложбина. Ось высотной ложбины проходила от центра циклона (г. Прага) через пункты: Варшава – Киев - Ростов-на-Дону - М.Воды – Махачкала - Баку. Южными, юго-западными ветрами на район Волгограда осуществлялась адвекция тепла. Ветер на 1500м в районе Волгограда 190° скоростью 40 км/ч.

Фактические погодные условия в аэропорту Волгоград за 12 utc по данным дневника АВ-6 ветер у земли: 120° 4 порыв 7 м/с, видимость 3400м

дымка, облачность сплошная слоистая высота нижней границы 210м, температура 1,7°C, температура точки росы 0,7°C, относительная влажность 93%, давление 752мм рт ст.

В период с 12 до 18 час погода на аэродроме улучшалась. Сохранялся ветер восточного, юго-восточного направлением и скоростью до 9 м/с, видимость - 10-12км, высота нижней границы облаков достигла значений 720м. Температура сохранялась около нуля градусов, относительная влажность достигла значения 77%.

По данным кольцевых карт_притекающая воздушная масса с Казахстана была на 1,5-2°C ниже, чем в г. Волгограде. Так, температура в п. Черный Яр 1,1°C («кольцовка» 18 ч utc) -0,1°C («кольцовка» 21 ч utc), дефицит влажности составлял до 4,9 - 3,7°C. Таким образом, на район аэродрома Волгоград осуществлялась адвекция в самом нижнем приземном слое холодного сухого воздуха с районов Казахстана.

По данным радиозондирования за 12 utc 14 февраля 2016 г. отмечено:

- стратификация атмосферы – устойчивая,
- приподнятая инверсия в слое 700-1500м, глубиной 3,0°C;
- ветер в приземном слое: 100м – 130 09 м/с, 200м – 140 10м/с, 300м – 160 10м/с, 500м – 170 10м/с, 600м – 190 11м/с;
- воздушная масса до высоты 1000м имела влажность 98-100%.

Как известно, сухому и относительно холодному воздуху с Казахстана приходится осуществлять подъем, который составляет около 160-170м (превышение аэродрома - 140м + 20-30м высоты ниже уровня моря Прикаспийской низменности). При этом меняются метеорологические характеристики воздушной массы, т.е. создается эффект подъёма воздуха на наветренных склонах возвышенностей, которые оказывают существенное влияние на образование низкой облачности и туманов.

С высоты 300-500м (подинверсионный слой) направление ветра меняется на южное направление, скорость ветра усиливается, практически, в 2 раза – до 10м/с, что является показателем активного турбулентного обмена в

пограничном слое.

В слое 500-1500м осуществляется адвекция теплого и влажного воздуха (по данным АТ-850 гПа температура притекающего воздуха на 6,2°С выше, чем в Волгограде).

Таким образом, над районами Волгоградской области наблюдалось взаимодействие двух воздушных масс с различными физическими свойствами: сухой и холодный воздух с районов Казахстана у поверхности земли, и теплый, влажный с южных морей – в пограничном слое.

За 3 часа до образования низкой облачности и тумана были отмечены прогностические признаки образования низкой облачности. Сравнительный анализ выявленных признаков и их количественные характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Прогностические признаки образования низкой облачности и тумана
14.02.2016г.⁹**

№ п/п	Прогностические признаки образования низкой облачности и тумана, найденные в ходе исследования	Наличие прогностических признаков и их количественные характеристики образования низкой облачности и тумана, случая 14.02.2016г.
1	Синоптическое положение, способствующее переходу ветров на восточные у поверхности земли и юго-западные на высотах.	Приземный анализ за 12 utc, АТ-850, АТ-700, АТ-500 за 12 utc. Юго-западная периферия Сибирского антициклона у земли и передняя часть высотной ложбины.
2	Стратификация атмосферы Глубокие многослойные инверсии Дефициты в подинверсионном слое и в задерживающих слоях находятся в пределах 0,3-0,9°С	Данные радиозондирования за 12 utc 14.02.16 г. Устойчивая стратификация атмосферы Инверсия в слое 700-1500м, глубиной 3,0°С Дефициты в подинверсионном слое и в задерживающем слое составляет 0,4-0,9°С
3	Показателем активного турбулентного обмена в пограничном слое являются: - наличие скорости ветра более 3м/сек; - возрастание скорости ветра с высотой в конце слоя инверсии – как качественный показатель усиления турбулентности.	Ветер у земли 120 5 м/с; Ветер на высоте: 300м – 150 10м/с, 500м – 170 10м/с

⁹ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Продолжение таблицы 4

4	Наличие двух воздушных масс с различными физическими свойствами: сухой и холодный воздух с районов Казахстана у поверхности земли, и теплый и влажный с южных морей – в пограничном слое.	Ветер у земли: восточного, юго-восточного направления. Притекающая воздушная масса с Казахстана на 1,5-2,0°С ниже, чем в Волгограде. Дефицит притекающей воздушной массы составляет 4,9-3,7°С. С высоты 400-500м направление ветра меняется на южный. Притекающая воздушная масса выше температуры воздуха над Волгоградом на 6,2°С.
5	Наличие угла «α» более 20° между приземным направлением ветра и направлением ветра на высоте начиная с 300м	Угол «α» составляет 30°
6	Рост относительной влажности за 3 часа до образования низкой облачности при значениях её 85-95% на 2-3% и на 7% в случаях образования тумана или опускания низкой облачности до земли (переход её в туман)	Рост относительной влажности составил 4% Рост относительной влажности составил 10% при значении 85%

Образование тумана с видимостью 900м в аэропорту Волгоград зафиксировано в 04.00 utc 15.02.2016г., вертикальная видимость – 90м, при температуре воздуха +0,4°С, относительной влажности 97%.

Кроме того, определены прогностические признаки **рассеивания** тумана и повышение нижней границы облачности. Анализ признаков приведен в табл.5.

Таблица 5

Прогностические признаки рассеивания низкой облачности и тумана 14.02.2016г.¹⁰

№ п/п	Прогностические признаки рассеивания тумана и низкой облачности, найденные в ходе исследования	Наличие прогностических признаков рассеивания тумана и низкой облачности и их количественные характеристики, случая 14.02.2016г.
1	Туман рассеивается (низкая облачность сохраняется)	Туман рассеялся (видимость 1200м дымка) 07.24 utc, низкая облачность (100м) сохраняется

¹⁰ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Продолжение таблицы 5

2	Наличие угла «α» менее 20° между приземным направлением ветра и направлением ветра на высоте начиная с 300м; Увеличение скорости ветра на высоте 300м	Угол «α» составляет 10°; Скорость ветра на высоте 300м -7м/с
3	Уменьшение относительной влажности за 1-2 часа до рассеяния тумана >2%	Относительная влажность осталась без изменений (96%), поэтому наблюдалось сохранение низкой облачности.
4	Низкая облачность рассеивается или повышается	Низкая облачность (120-180м) сохранялась в течение всего дня
5	Наличие угла «α» менее 10° между приземным направлением ветра и направлением ветра на высоте начиная с 300м;	Угол «α» составляет 10°;
6	Уменьшение относительной влажности за 1-2 часа до рассеяния тумана >3%	Относительная влажность осталась без изменений -96%

Анализ прогностических признаков позволил своевременно предусмотреть образование низкой облачности и переход её в туман. Заблаговременность прогноза опасного для авиации явления погоды составила более 4-х часов. При этом не менее важны прогностические признаки рассеивания тумана и низкой облачности, что позволяет предвидеть улучшение погодных условий, благоприятных для выполнения полетов воздушных судов гражданской авиации в аэропорту Волгоград.

Заключение

По результатам исследовательской работы сделаны следующие **выводы**:

1. Основным процессом образования низкой облачности является адвекция теплого и влажного воздуха и его охлаждение над холодной подстилающей поверхностью. При этом процессе в аэропорту Волгоград облака образуются исключительно в холодную половину года (октябрь-март).
2. 59% случаев синоптических процессов, при которых образуется низкая облачность - западная и юго-западная периферия Сибирского антициклона.
3. В районе аэропорта Волгоград облачность высотой 300м и ниже в 67% случаев отмечается при ветре восточный четверти.
4. Превышение аэродрома (145м) оказывает существенное влияние на образование низкой облачности и тумана, так как дает такой же эффект, как и в случаях, когда облачность, туман и осадки образуются на наветренных склонах крупных возвышенностей и плато.
5. При ветрах восточной четверти в районе аэропорта взаимодействуют две воздушные массы с различными физическими свойствами: сухой и холодный воздух с районов Казахстана у поверхности земли, и теплый и влажный с южных морей – в пограничном слое – как основное условие образования низкой облачности и тумана.
6. Существует ряд прогностических признаков образования и рассеивания низкой облачности и тумана при ветрах восточной четверти.
7. Аэросиноптические и метеорологические погодные условия 14 и 15 февраля 2016г. позволили доказать, что применение прогностических признаков для прогноза образования и рассеивания низкой облачности и тумана в оперативной работе АМСГ-I Волгоград актуально и может быть использовано в оперативной работе.

Список используемой литературы

1. Астапенко П.Д. Авиационная метеорология. Учебное пособие для вузов гражданской авиации. - М.: Транспорт, 1979. – 412 с.
2. Астапенко П.Д. Вопросы о погоде. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 211 с.
3. Атлас облаков. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральное государственное бюджетное учреждение главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. - СПб.: Д'АРТ, 2015. – 118с.
4. Баранов А.М. Авиационная метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 356 с.
5. Баранов А.М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 232 с.
6. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды. - СПб.: Гидрометеиздат, 2007. – 287 с.
7. Богаткин О.Г. Анализ и прогноз погоды для авиации. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 68 с.
8. Брылев В.А. География и экология Волгоградской области: учеб. пособие для ВУЗов. – Волгоград: Перемена, 2005. – 74 с.
9. Брылев В.А. Природные условия и ресурсы Волгоградской области. – Волгоград: Перемена, 1995. – 123 с.
10. Варагушин Ю.В. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА-95). – М.: Росгидромет, 1995. – 64 с.
11. Данные дневников погоды АВ-6 АМСГ-I Волгоград / 2010-2014 гг.
12. Данлоп С. Атлас Погоды / Перевод с английского Д. Кудырбайло. – СПб.: Амфора, 2010. – 264 с.
13. Зверев А.С. Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 552с.
14. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. -

- 558 с.
15. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 315 с.
 16. Мазин И.П. Облака и облачная атмосфера. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 647 с.
 17. Матвеев Л.Т. Основа авиационной метеорологии. – М.: Военное издательство Министерства обороны Союза ССР, 1955. – 56 с.
 18. Мейсон Б.Дж. Физика облаков / Перевод с английского Г.Т. Никандровой, В.С. Протопопова. - Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 164 с.
 19. Методическое письмо: производство метеорологических радиолокационных наблюдений с применением ДМРЛ – С на сети Росгидромета в целях штормоповещения и метеообеспечения авиации. – СПб.: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», 2014. – С. 52 – 54.
 20. Международная выставка гидрометеорологических приборов, систем оборудования и услуг в области гидрометеорологии, гидрологии и мониторинга окружающей среды 7-9 июля 2014. – Каталог - учредитель Meteorex. – СПб, 2014. - С.111-113.
 21. Петерсен С. Анализ и прогноз погоды / Перевод с английского В.А. Джорджо, под ред. А.С.Зверева. - Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 333 с.
 22. Сажин А.Н. Погода и климат Волгоградской области. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 82 с.
 23. Синоптические карты АМСГ-I Волгоград за 14-15.02.2016 г.
 24. Стернзат М.С. Метеорологические приборы, наблюдения и их обработка. - Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 115 с.
 25. Федеральные авиационные правила о предоставлении метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов: утв. Министерством Транспорта Российской Федерации 03.03.2014: ввод в действие 20.02.2015. – М., 2014. – С. 5 - 8.
 26. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 365 с.

- 27.Хромов С.П. Метеорологический словарь. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 367 с.
- 28.Швер Ц.А. Климат Волгограда. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 136 с.
- 29.Эльманова Н.Е. Англо – русский словарь по авиационной метеорологии. Под ред. Б.А. Киселева. – М.: Изограф, 1996. – 358 с.

Пример кодирования облачности в авиационном прогнозе GAMET АМСТ Волгоград-I за 15 апреля 2016г.

Составлен АМСТ Волгоград 15-04-2016 Время: 07:51 UTC

ПРОГНОЗЫ ПОГОДЫ ПО АЭРОДРОМАМ ПОСАДКИ И ЗАПАСНЫМ

Бланк № 3

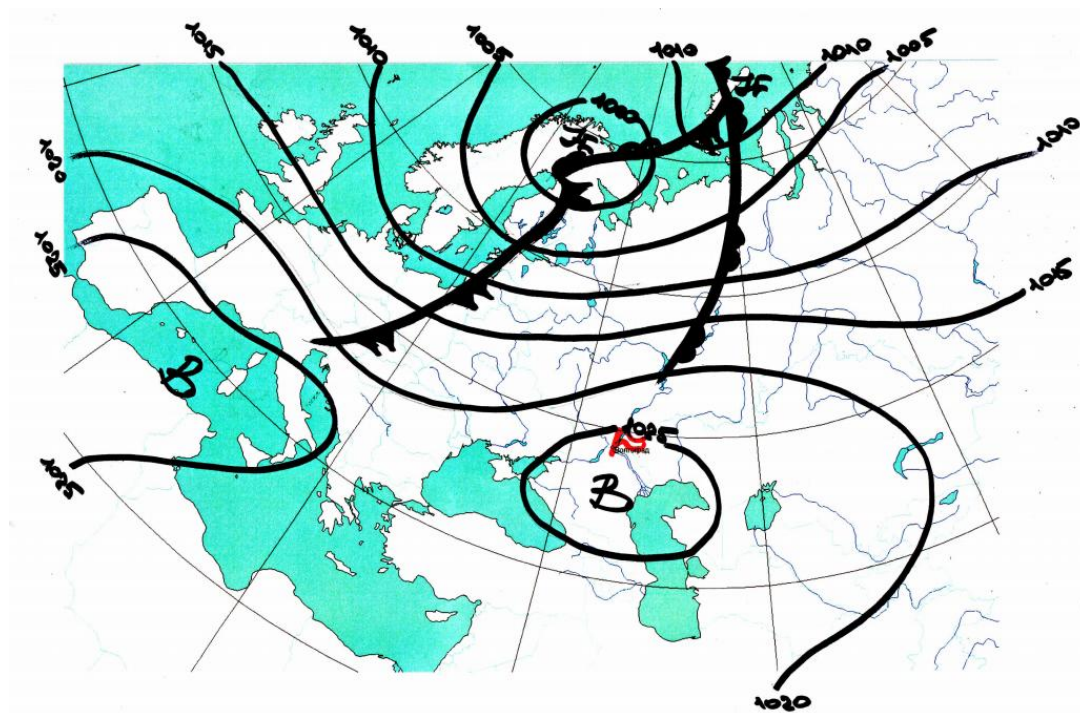
URRV GAMET VALID 150600/151200 URWW-
URRV ROSTOV FIR/VOLGOGRAD 1-4 BLW FL100
SECN I
SFC VIS:06/09 2000 M BR LCA 0400 M FG
SIG CLD:06/09 BKN 180/600 M AGL LCA OVC 060/600 M AGL
09/12 OCNL CB 900/XXX M AGL
TURB:MOD SFC/FL010
09/12 SFC/FL030
SECN II
PSYS:TROUGH
WIND/T:SFC 240/05G10MPS PS16
0100 M 240/06MPS PS14
0200 M 240/06MPS PS13
0300 M 240/06MPS PS12
0600 M 240/06MPS PS11
1000 M 240/07MPS PS10
1500 M 240/08MPS PS07
2000 M 250/08MPS PS04
3000 M 250/08MPS MS04
CLD:NIL
FZLVL:2500 M AMSL
MNM QNH:1009 HPA AREA 1
1010 HPA AREA 2
1007 HPA AREA 3,4
P MNM:757 MM HG AREA 1
758 MM HG AREA 2
755 MM HG AREA 3,4
VA:NIL

Вручено __07__ час __50__ мин

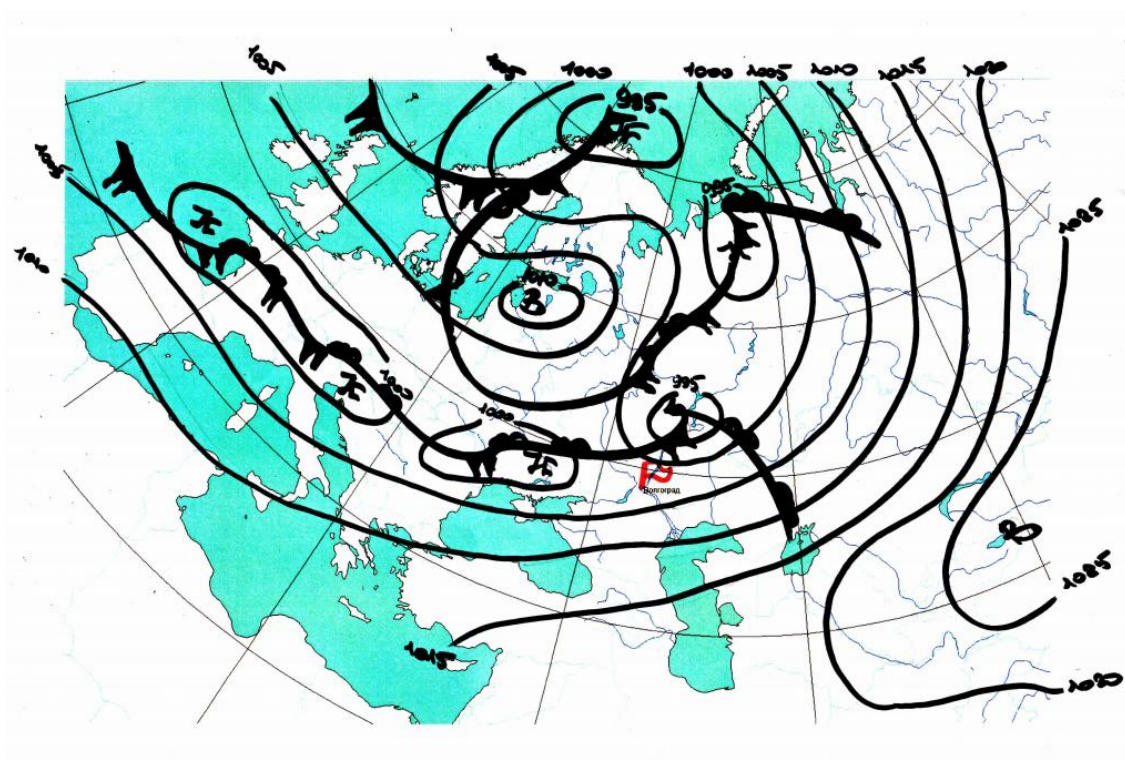
Синоптик __Гудко К.В.____

Вручено __07__ час __51__ мин в/в 08.30 № 22600 Ц-172 ИР-9339 Подпись __Самсоенко В.В.____

Карта-схема синоптического положения (тип 2), при котором г. Волгоград находится в отроге Азорского антициклон



Карта-схема синоптического положения (тип 3), при котором г. Волгоград находится в теплом секторе циклона



**Типы и повторяемость (в процентах) низкой облачности (Н-300м) по
месяцам в аэропорту Волгоград**

М Е С Я Ц Ы	Внутримассовые процессы				Фронтальные процессы							Общее число случаев
	Типы синоптических положений				Число случаев/ процент	Типы синоптических положений						
	Периферия антициклона при адвекции тепла и теплые сектора циклонов	Периферия антициклона, тыл циклона, адвекция холода	Оси гребня и центры антициклона	Теплый фронт и окклюзии по типу теплого		Холодный фронт 2-го рода	Холодный фронт 1-го рода (с волнами)	Фронт и окклюзии по типу холодного и вторичные холодные фронты	Размытые и стационарные фронты	Число случаев/ процент		
Январь	79	8	13	63/43%	35	2	27	16	20	85/57%	148	
Февраль	80	6	14	50/54%	33	4	10	14	39	43/46%	93	
Март	78	8	19	37/51%	29	6	16	20	29	35/49%	72	
Апрель	40	20	40	5/23%	24	12	28	12	24	17/77%	22	
Октябрь	76	16	8	22/34%	38	2	22	20	18	41/66%	63	
Ноябрь	86	10	4	53/49%	28	4	24	9	35	54/51%	107	
Декабрь	84	12	4	52/48%	37	2	23	23	15	57/52%	109	
ГОД	78	12	10	282/46%	33	10	39	8	10	332/54%	614	