



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Условия образования туманов в районе г. Кузнецк Пензенской области»

Исполнитель Лузин Никита Сергеевич

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук

(ученая степень, ученое звание)

Головина Елена Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

« 22 » 06 2020 г.

Санкт-Петербург
2020

Содержание

	стр.
Введение.....	2
1. Физические условия образования туманов.....	3
1.1 Классификация туманов.....	3
1.2 Температура туманообразования.....	6
1.3 Адвективные туманы.....	7
1.4 Радиационные туманы.....	13
1.5 Орографические туманы.....	19
1.6 Надводные туманы испарения.....	19
1.7 Фронтальные туманы.....	21
1.8 Туманы смещения.....	23
2. Физико-географические и климатические особенности Пензенской области.....	28
2.1 Физико-географические характеристики.....	28
2.2 Климатические характеристики Пензенской области	30
3. Условия образования туманов в Пензенской области...	33
3.1 Годовой и суточный ход туманов.....	35
3.2 Продолжительность туманов.....	40
3.3 Классификация туманов.....	41
3.4 Температура начала тумана.....	44
3.5 Относительная влажность при образовании тумана	45
3.6 Скорость и направление ветра при образовании тумана	46
.....	
3.7 Горизонтальная видимость.....	47
Заключение.....	49
Список используемой литературы.....	51

Введение

Туманом называется такое метеорологическое явление, при котором за счет конденсации или кристаллизация водяного пара видимость в нижнем слое атмосферы уменьшается до значений менее 1000 м. Процессов, приводящих к возникновению тумана несколько.

В данной работе в теоретической части (1 глава) будут рассмотрены классификация туманов, условия их образования и краткий обзор прогноза туманов различных видов, так как для любых видов транспорта и для безопасности и здоровья человека туман и ухудшение видимости являются опасными явлениями. Также будет дана характеристика природных условий, климата и особенностей Пензенской области (2 глава).

В третьей, практической части будут проанализированы и описаны условия образования туманов в Пензенской области.

Цель работы: Анализ метеорологических и синоптических условий туманов в Пензенской области.

Задачи, поставленные для выполнения цели:

1. Изучить теоретические основы образования и классификации туманов;
2. Создать базу метеорологических данных, соответствующих времени образования и рассеяния туманов на метеостанции в аэропорту г. Пенза;
3. Выполнить анализ изменчивости метеорологических характеристик в период образования тумана.

1. Физические условия образования туманов

1.1 Классификация туманов

Туманом называется помутнение приземного слоя воздуха из-за наличия в нем взвешенных капель воды, ледяных кристаллов или их смеси, при котором горизонтальная дальность видимости становится менее 1 км хотя бы в одном направлении. Аналогичное явление при горизонтальной видимости 1 км и более называют дымкой.

По агрегатному состоянию воды все туманы могут быть классифицированы как капельные, ледяные и смешанные. Большинство туманов являются мелкокапельными даже при отрицательных температурах. В смешанных туманах переохлажденные капли отмечаются при температурах до -40°C . Наибольшую повторяемость в туманах имеют капли радиусом 5 - 15 мкм.

По синоптическому положению, при котором возникают туманы, они делятся на фронтальные, образование которых связано с термодинамическими процессами в области фронтальных разделов, и внутримассовые.

В зависимости от вертикальной протяженности туманы подразделяются на поземные (с верхней границей до 2 м), низкие (с верхней границей от 2 до 10 м), средние (с верхней границей от 10 до 100 м) и высокие (с верхней границей, превышающей 100 м).

По степени ухудшения горизонтальной видимости туманы принято делить на слабые (видимость 500—1000 м), умеренные (видимость 200—500 м), сильные (видимость 50—100 м) и очень сильные (видимость менее 50 м).

Наибольшее значение применительно к задаче разработки методов краткосрочного прогноза туманов имеет их генетическая классификация (рисунок 1.1).

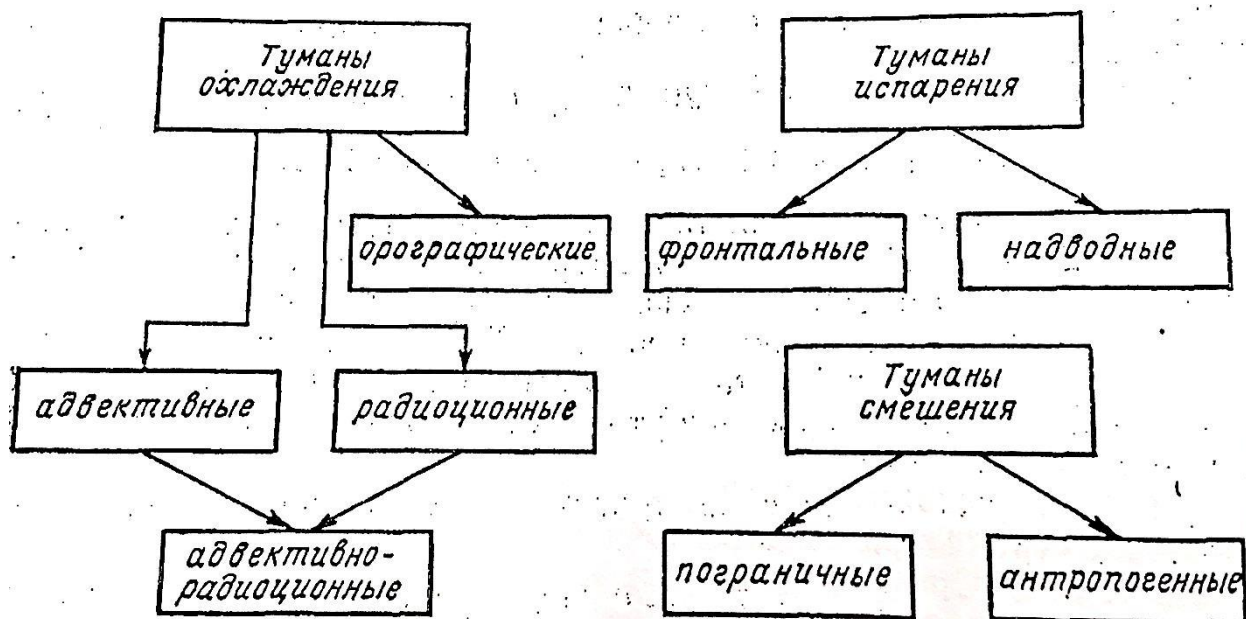


Рисунок 1.1 – Генетическая классификация

Туманы охлаждения возникают за счет приближения влажности воздуха к состоянию насыщения при понижении температуры воздуха. При этом охлаждение воздуха в приземном слое может происходить в результате следующих причин:

- при перемещении влажного воздуха на относительно холодную подстилающую поверхность;
- при понижении температуры подстилающей поверхности за счет ее радиационного охлаждения;
- при адиабатическом расширении воздуха.

Туманы, возникающие по первой причине, называются адвективными, а по второй — радиационными. В тех случаях, когда понижение температуры воздуха при его перемещении на относительно холодную подстилающую поверхность в дальнейшем усиливается его охлаждением от радиационно-выхолаживающейся подстилающей поверхности, могут возникать туманы, которые принято называть адвективно-радиационными.

Понижение температуры воздуха при его адиабатическом расширении может сопровождаться образованием тумана практически только при натекании воздуха на склоны возвышенностей, обеспечивающем

значительное перемещение воздуха по вертикали, а следовательно, ощущаемое его охлаждение. Поэтому возникающие при этом туманы называют орографическими. Охлаждение воздуха при его адиабатическом расширении без подъема в вертикальном направлении, т. е. при значительном падении давления у поверхности Земли, что может наблюдаться, например, при резком углублении ложбины, как правило, только способствует образованию тумана при наличии более существенных причин для его возникновения.

Туманы испарения возникают только тогда, когда температура испаряющей поверхности выше температуры приземного слоя воздуха. Поэтому они образуются или над водной поверхностью — надводные туманы, или при испарении капель дождя, выпадающего из теплой надфронтальной воздушной массы, в холодном подфронтальном воздухе — фронтальные туманы.

Образование туманов возможно при смешении двух воздушных масс с разной температурой и влажностью. Эти туманы называют туманами смешения. Они возникают вблизи границ раздела между теплыми и холодными морскими течениями, вблизи морских побережий. Такие туманы можно назвать пограничными. Кроме того, туманы могут образовываться при поступлении водяного пара, в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека. Водяной пар в этом случае играет роль второй теплой и влажной воздушной массы в процессе смешения. Такие туманы могут быть названы антропогенными.

Разумеется, что любой туман, как правило, возникает под действием нескольких факторов. Но обычно один из них является превалирующим. На этом основании и построена генетическая классификация туманов.

1.2 Температура туманообразования

В формулировке прогноза появление тумана любого вида может указываться в том случае, если в прогностический период ожидается температура, равная или более низкая, чем температура туманообразования $T_{\text{то}}$, т. е. в условиях, когда $T \leq T_{\text{то}}$.

Таким образом, для того чтобы дать прогноз возникновения тумана, необходимо предварительно спрогнозировать как температуру воздуха, так и температуру туманообразования. Прогноз температуры туманообразования основывается на следующих соображениях. Известно из результатов наблюдений, что при положительных температурах конденсация водяного пара, происходящая на ядрах конденсации, начинается при относительной влажности несколько ниже 100% (97—99 %), а при отрицательных температурах — при еще более низких ее значениях.

Следовательно, помутнение атмосферы в связи с появлением продуктов конденсации начинается при температуре воздуха превышающей точку росы T_d на некоторую величину, равную ΔT_1 . Однако, для того чтобы видимость стала менее 1 км, необходимо образование в единице объема воздуха достаточно большего количества капель или кристаллов, что может быть обеспечено понижением температуры после начала конденсации на величину ΔT_2 .

Следовательно, температура туманообразования может быть представлена в следующем виде:

$$T_{\text{то}} = T_d + \Delta T_1 - \Delta T_2 = T_d + \Delta T_{\text{то}}, \quad (1)$$

где T_d — точка росы в момент начала конденсации;

$\Delta T_{\text{то}}$ — поправка, учитывающая совместное влияние наличия ядер конденсации в атмосфере и влажности воздуха, необходимой для того, чтобы дальность видимости стала менее 1 км.

Величина $\Delta T_{\text{то}}$ зависит от температуры воздуха. При положительных температурах дефицит влажности в тумане $\Delta T_d = \Delta T_{\text{то}}$ в среднем равен 0,6 °С. При отрицательных температурах ΔT_d в момент образования ледяного тумана может быть приближенно рассчитано по формуле:

$$\Delta T_d = 0,1 |T_d|, \quad (2)$$

где T_d в °С.

Как видно из формулы (1), прогноз температуры туманообразования предусматривает прогноз точки росы в момент начала конденсации. Этот прогноз основывается на учете физических процессов, приводящих к ее изменению в период от исходного момента для прогноза и до момента начала конденсации. Поскольку эти процессы при образовании туманов различных типов протекают по-разному, то при физико-статистическом прогнозе тумана, который обычно используется в синоптической практике, учет температуры туманообразования производится на основе привлечения различных предикторов. Это обстоятельство, в частности, определяет, невозможность разработки универсального метода прогноза туманов всех типов. Но всегда прогноз должен включать в себя оценку вероятности образования тумана, его сохранения или смещения из другого района и времени его образования (появления) и рассеяния (сноса с территории).

1.3 Адвективные туманы

Возникновение адвективного тумана возможно при достаточно интенсивном охлаждении приземного слоя воздуха от подстилающей поверхности, с тем чтобы оно было в состоянии компенсировать турбулентный перенос продуктов конденсации вверх. В противном случае они будут скапливаться не у поверхности Земли, а на некоторой высоте, образуя низкую слоистую облачность.

Адвективный туман возникает обычно при скорости ветра на уровне флюгера не более 12 м/с и на расстоянии от границы, разделяющей теплую и холодную подстилающие поверхности, 100—200 км. Причем это расстояние тем меньше, чем больше влажность воздуха, поступающего на холодную подстилающую поверхность.

Прогноз адвективного тумана основывается на оценке прогностического синоптического положения. При этом следует учитывать, что такой туман может возникнуть только при адвекции теплого, достаточно влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность. Поэтому наиболее благоприятные условия для возникновения адвективного тумана создаются в тыловой части антициклона, в передней части циклона и в его теплом секторе.

Адвективные туманы могут наблюдаться в любое время суток, хотя чаще всего они уплотняются ночью в связи с добавочным радиационным охлаждением приземного слоя воздуха. При слабой адвекции тепла туманы могут возникать только в ночные часы, после восхода Солнца они рассеиваются. Такие туманы являются адвективно-радиационными.

При образовании адвективного тумана разность температур в начале и конце траектории обычно составляет 1—3°C, а дефицит точки росы в начале траектории чаще всего не превышает 2°C при положительных температурах и 3°C при отрицательных. Если скорость ветра на уровне флюгера более 10 м/с и разность температур в начале и конце траектории 7°C и более, то возникновение адвективного тумана возможно при большем дефиците точки росы в начале траектории (до 3°C).

Температура адвективного тумана может меняться за счет локального изменения точки росы за время, истекшее от исходного момента до образования тумана. Это изменение определяется горизонтальным перемещением воздуха и процессами обмена влагой между прилегающим к земной поверхности слоем воздуха и почвой, а также более высокими воздушными слоями. Таким образом, температура точки росы в момент

образования тумана [T_d в формуле (1)] может быть представлена в следующем виде:

$$T_d = T_{d0} + \Delta T_{da} + \Delta T_{dT} = T'_d + \Delta T_{dT}, \quad (3)$$

где T_{d0} — точка росы на станции в исходный момент;

ΔT_{da} — адвективное изменение точки росы;

T'_d — точка росы в начале траектории;

ΔT_{dT} — трансформационное изменение точки росы.

Следовательно, температура туманообразования равна

$$T_{to} = T'_d + \Delta T_1 - \Delta T_2 + \Delta T_{dT} = T'_d - \delta T_d \quad (4)$$

Дефицит точки росы в момент начала конденсации ΔT_1 зависит от температуры воздуха, т. е. практически от T'_d , поскольку в условиях, благоприятных для образования тумана, дефицит точки росы в начале траектории невелик. Понижение температуры ΔT_2 , необходимое для получения требуемой степени помутнения атмосферы, удовлетворяющей определению тумана, определяется влагосодержанием воздуха, т. е. пропорционально T'_d . Трансформационное изменение температуры туманообразования T_{dT} определяется степенью увлажнения подстилающей поверхности, интенсивностью турбулентного обмена (скоростью ветра и температурной стратификацией) и стратификацией влажности вдоль траектории движения теплой воздушной массы. Так как образование адвективного тумана обычно происходит при сплошной низкой облачности, то трансформационные изменения температуры туманообразования, связанные с суточным ходом точки росы, малы и ими можно пренебречь. Наибольшее влияние на образование адвективного тумана оказывает понижение температуры теплого воздуха при его движении вдоль траектории, пропорциональное адвективному изменению температуры, т. е.

горизонтальному градиенту температуры вдоль траектории. Используя этот предиктор, а также ожидаемую скорость ветра, чем достигается в некоторой степени учет трансформационных изменений температуры и точки росы в перемещающемся воздухе, можно в первом приближении дать альтернативный прогноз адвективного тумана по эмпирическому графику, приведенному на рисунке 1.2.

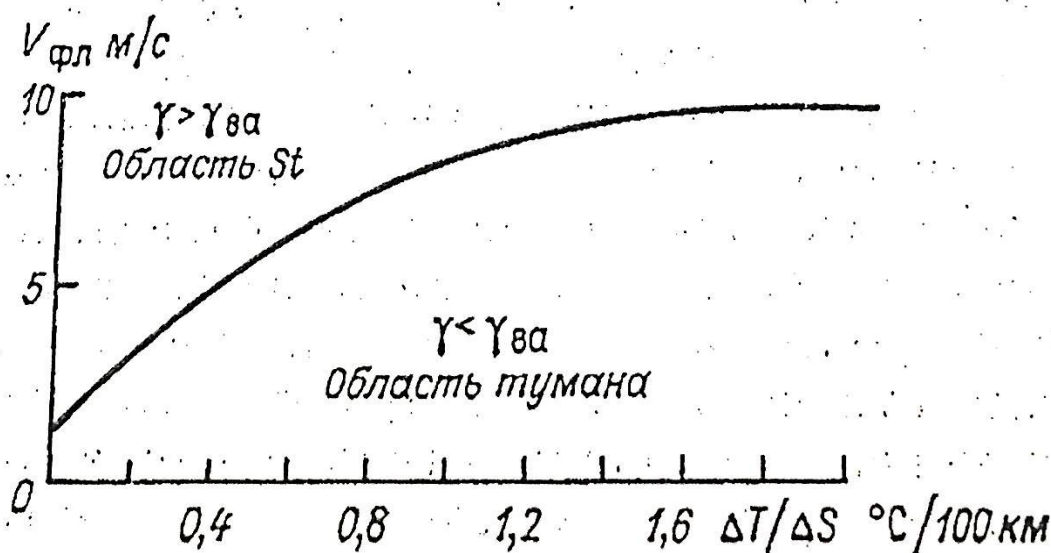


Рисунок 1.2 – График И.В. Кошеленко для прогноза адвективного тумана.

График позволяет прогнозировать возникновение и перемещение адвективного тумана в пункт, для которого разрабатывается прогноз с заблаговременностью 8—10 ч тогда, когда в исходный момент наблюдалась низкая слоистая облачность. Рекомендуется качественно учитывать ожидаемую температурную стратификацию в подынверсионном слое в пункте, для которого разрабатывается прогноз. Если $\gamma < \gamma_{ва}$, то вероятность адвективного тумана увеличивается. При $\gamma < \gamma_{ва}$, наоборот, возрастает вероятность того, что сохранится низкая облачность, а туман не образуется или не будет перенесен из района, где он был в исходный момент времени. Действительно, с увеличением γ возрастает интенсивность турбулентного обмена, в результате чего понижение температуры вблизи земной

поверхности становится менее значительным. Кроме того, продукты конденсации от поверхности Земли переносятся вверх и концентрируются под нижней границей инверсии.

Повышения успешности прогнозов адвективных туманов можно добиться на пути привлечения большего числа предикторов, перечень которых достаточно ясен из предшествующего изложения. Примером может служить график, приведенный на рисунке 1.3.

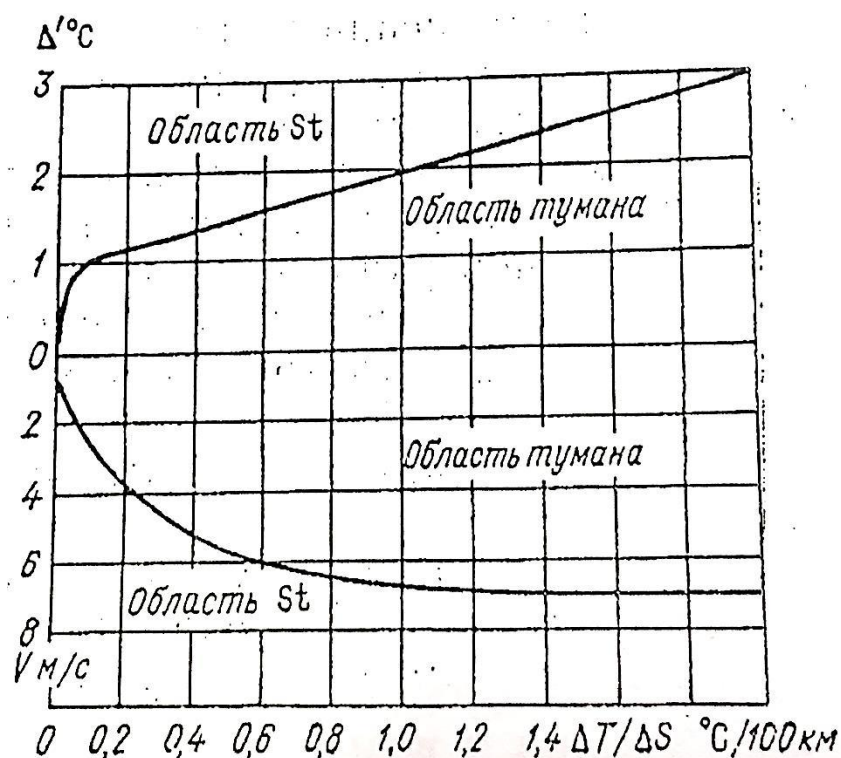


Рисунок 1.3 – График Н.В. Петренко для прогноза адвективного тумана.

С его помощью уточняется зависимость факта появления адвективного тумана от предикторов, использованных при построении ранее рассмотренного демаркационного графика (см. рисунок 1.2), путем привлечения в качестве дополнительного влияющего фактора дефицита точки росы в начале траектории (Δ'). Этот график представляет из себя комплекс двух диаграмм. По верхней части туман прогнозируется по предикторам $\Delta T / \Delta S$ и Δ' . Если точка попадает в область St, то туман в

формулировке прогноза не указывается. В том случае, когда точка попадает в область тумана, то это заключение уточняется по нижнему графику с привлечением в качестве предиктора ожидаемой в пункте прогноза скорости ветра.

Расширение перечня предикторов, позволяющих более детально учитывать трансформационные изменения температуры воздуха и температуры туманообразования, открывает большие возможности для совершенствования методов прогноза адвективных туманов. Поэтому работы в этом направлении, учитывая большое влияние местных условий на процессы появления и рассеяния тумана, должны вестись во всех прогностических подразделениях.

Прогноз времени появления адвективного тумана дается на основе оценки скорости перемещения уже имевшейся в исходный момент зоны адвективного тумана. При этом следует иметь в виду возможность изменения площади и границ этой зоны к моменту ее появления в районе прогноза вследствие трансформации температуры и точки росы при ее перемещении, а также в суточном ходе. В тех случаях, когда ожидается возникновение адвективного тумана в течение прогностического периода, это время определяется как момент достижения температурой воздуха температуры туманообразования.

Рассеяния адвективного тумана следует ожидать в следующих случаях:

- при изменении направления и скорости ветра, в результате чего ослабевает или прекращается адвекция тепла, а также усиливается турбулентный обмен;
- при выпадении осадков и при переходе тумана в морось;
- при длительном перемещении капельного тумана над подстилающей поверхностью, покрытой снегом. Этот процесс особенно активно идет в диапазоне температур от -8 до -12 °С, когда различие между точкой росы над водой и льдом наиболее значительно;

- при радиационном нагревании слоя тумана после восхода Солнца;
- при радиационном охлаждении верхней границы слоя тумана, приводящем к увеличению вертикального градиента температуры и, как следствие, к интенсификации турбулентного обмена.

1.4 Радиационные туманы

Радиационные туманы возникают в результате ночного охлаждения приземного слоя воздуха от подстилающей поверхности, радиационный баланс которой в эти часы суток становится отрицательным. В связи с этим прогноз радиационного тумана следует разрабатывать в тех случаях, когда ночью ожидается малооблачная или ясная погода со слабым ветром, возникновение приземной инверсии температуры, а вечером отмечается малый дефицит точки росы. Особенно благоприятная ситуация для возникновения радиационного тумана создается, когда наряду с перечисленными условиями во второй половине дня почва увлажняется выпадением дождя.

Прогноз основывается на сравнении ожидаемой температуры туманообразования с минимальной температурой воздуха в ночные часы. Прогноз минимальной температуры разрабатывается рассмотренными ранее методами. При прогнозе температуры туманообразования следует учитывать все факторы, описываемые формулой (4) .

Таблица 1

Повторяемость (%) образования радиационного и адвективно-радиационного тумана при различной скорости ветра на высотах 12 и 100 м.
По П.В. Петренко

z м	V м/с								Сумма
	0	1	2	3	4	5	6	7	
12	57	29	13	1	0	0	0	0	100
100	6	22	36	20	12	3	1	0	100

Однако, как следует из данных таблицы 1, поскольку радиационный туман возникает при слабых ветрах, то в этой формуле можно заменить значение точки росы в начале траектории T_d' на значение точки росы на станции в исходный момент T_{d0} . Тогда формула (4) применительно к прогнозу радиационного тумана приобретает следующий вид:

$$T_{то} = T_{d0} + \Delta T_1 - \Delta T_2 + \Delta T_{d\tau} = T_{d0} - \delta T_d \quad (5)$$

где δT_d — изменение точки росы от исходного момента до начала образования тумана.

Величина δT_d зависит от уже рассмотренных причин, т.е. от местных условий, начального значения точки росы, стратификации температуры и влажности и т.д. Величину δT_d обычно находят эмпирическим путем. При этом из числа предикторов исключают скорость ветра.

При оценке $T_{то}$ применительно к прогнозу образования радиационного тумана стараются привлечь вечерние данные о T_{d0} , близкие к заходу Солнца. Так, на станциях, расположенных на европейской части России, принято использовать данные за 18 ч мск, что представляет определенные удобства, поскольку за этот срок наблюдений имеются кольцевые карты. При этом, в частности, может быть учтено увлажнение воздуха ранее выпавшим дождем или за счет испарения с влажной почвы, поскольку к этому моменту времени активное испарение с подстилающей поверхности уже прекращается. Поэтому поправка δT_d в формуле (5) всегда отрицательна. Наиболее существенно она зависит от начального значения точки росы T_{d0} . Ее абсолютное значение увеличивается по мере уменьшения T_{d0} . Например, в районе Москвы δT_d при T_{d0} в 18 ч Ц— 20°C составляет 1,7°C,

при $T_{d0} = -21 \dots -30$ °C оно равно 3,4 °C. Эти различия связаны с тем, что при отрицательных температурах содержание водяного пара при его насыщении в воздухе мало и для понижения видимости до значений, характерных для тумана (менее 1 км), нужно большее понижение точки росы, чем при положительных температурах, когда водяного пара в воздухе при его насыщении много.

Зависимость добавочного охлаждения воздуха по отношению к точке росы в 18 ч от ее значения при образовании дымок и туманов различной интенсивности иллюстрирует рисунок 1.4.

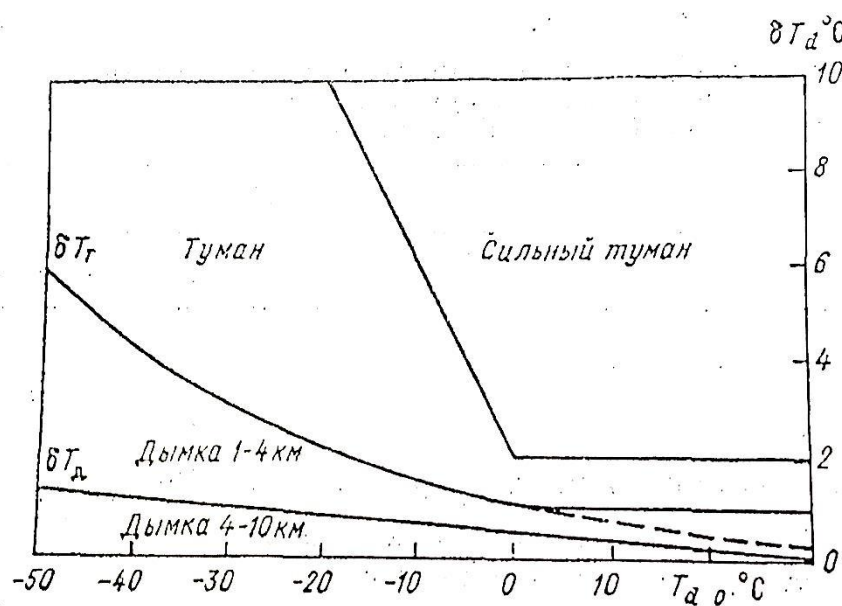


Рисунок 1.4 – Зависимость дополнительного понижения температуры воздуха

δT_d , необходимого для образования дымки и туманов, относительно точки росы в 18 ч. По А.С. Звереву.

На этом рисунке хорошо видно практическое отсутствие зависимости δT_d от T_{d0} при положительных температурах и существенная связь этих величин при температурах ниже нуля.

Ясность физической модели процесса образования радиационного тумана и возможность его описания с помощью данных сетевых наблюдений привели к тому, что методы прогноза радиационных туманов разработаны наиболее обстоятельно. К настоящему времени предложено несколько

графических и аналитических методов альтернативного прогноза таких туманов. При этом привлекаются такие предикторы, как значения температуры и влажности воздуха перед заходом Солнца и в предшествующие моменты времени, ожидаемое в течение прогностического периода количество облачности различных ярусов, скорость ветра, вертикальный градиент температуры и т.д. На рисунке 1.5 приведен один из таких графиков для прогноза температуры туманообразования. По нему видно, что с увеличением устойчивости воздушной массы в приземном слое повышается температура туманообразования, поскольку затрудняется перенос продуктов конденсации из приземного слоя вверх. В «Руководстве по краткосрочным прогнозам погоды» приведен несколько иной график для прогноза температуры образования радиационного тумана. Приводятся такие диаграммы и в других публикациях, посвященных изучению туманов.

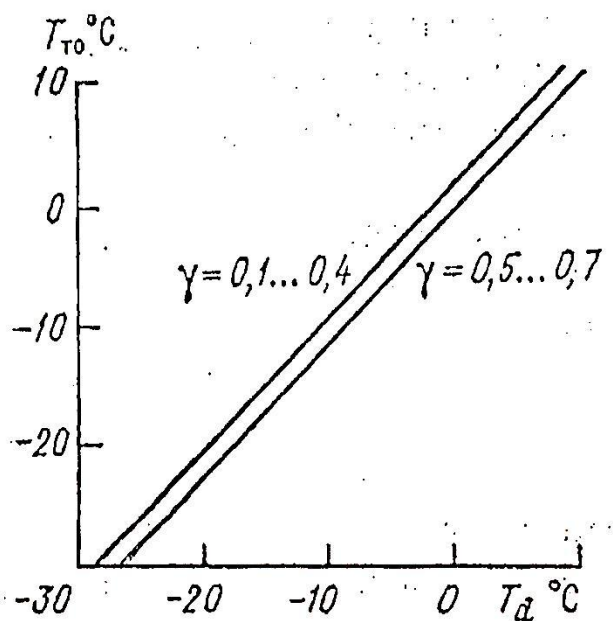


Рисунок 1.5 – График Н.В. Петренко для прогноза температуры туманообразования по T_d и γ в 18 ч. мск.

Температуру туманообразования можно рассчитать, используя бланк аэрологической диаграммы. Для этого следует воспользоваться данными

табл. 2, по которой определяют Δq при $T_{d,0}$. Затем на уровне p_0 находят изограмму, соответствующую $T_{d,0}$, и от нее смещаются влево на Δq . В этой точке отсчитывают T , равное $T_{то}$.

Таблица 2

Количество сконденсированной влаги Δq (%), необходимое для образования тумана при различной точке росы.

$T_{d,0} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta q \text{ } \%$
—20... —10	0,1—0,2
—10... 0	0,2—0,4
0... 10	0,4—0,6
10... 20	0,6—0,8

Для расчета $T_{то}$ можно также использовать эмпирическую формулу

$$T_{то} = \frac{2T_{d\ 19} + T_{d\ 13} + T_{d\ 7} + T_{d\ 1}}{5}$$

Время образования радиационного тумана нетрудно определить путем графической интерполяции ночного понижения температуры воздуха между ее измеренным значением через 2—3 ч после захода Солнца и ее ожидаемым минимальным значением ($T_{мин}$). Момент, когда она достигнет $T_{то}$, принимается за время образования тумана.

Возможно также использование для этих целей графика, показанного на рисунке 1.6.

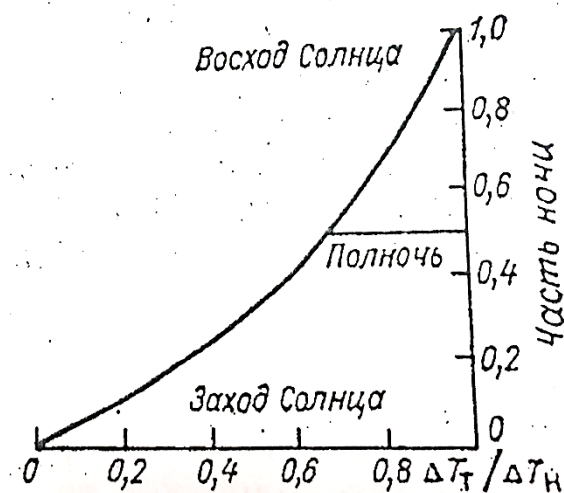


Рисунок 1.6 — График для определения времени образования радиационного тумана.

По оси ординат отложена часть ночи в долях единицы, а по оси абсцисс—отношение

$$\frac{T - T_{\text{то}}}{T - T_{\text{мин}}} = \frac{\Delta T_{\text{т}}}{\Delta T_{\text{н}}}$$

где $\Delta T_{\text{т}}$ — ожидаемое понижение температуры от исходного момента до момента образования тумана;

$\Delta T_{\text{н}}$ — ожидаемое понижение температуры от исходного момента до наступления ночного минимума температуры.

Радиационные туманы почти всегда рассеиваются после восхода Солнца не позже, чем через 1—2 ч. Осенью это время может достигать 3—5 ч. Обычно рассеяние тумана происходит тогда, когда температура воздуха достигает значения точки росы в момент захода Солнца.

Иногда радиационный туман может рассеяться и до восхода Солнца. Это возможно при перестройке полей метеорологических величин, приводящих к увеличению интенсивности турбулентного обмена, понижению влажности воздуха, прекращению радиационного охлаждения подстилающей поверхности, созданию условий для наземной конденсации.

Прогноз адвективно-радиационных туманов разрабатывается по схеме прогноза радиационных туманов с учетом влияния адвекции.

1.5 Орографические туманы

Орографические туманы, или туманы склонов, образуются в результате адиабатического охлаждения воздуха при его подъеме по наветренным склонам возвышенностей. При этом уровень конденсации должен быть ниже вершины возвышенности и над ней должна находиться инверсия температуры, препятствующая переносу продуктов конденсации от поверхности склона. Способствует возникновению таких туманов увлажнение воздуха выпадающими дождями.

Прогноз орографических туманов основывается на прогнозе синоптической обстановки и указанных выше метеорологических условий, благоприятных для конденсации водяного пара в приземном слое, а также на учете орографических особенностей региона.

1.6 Надводные туманы испарения

Туман испарения над водной поверхностью возникает при перемещении холодного воздуха на теплую поверхность акватории моря, озера или реки. Вероятность его образования тем больше, чем значительнее разность температур водной поверхности и воздуха. При большой разности температур воздух — вода туман испарения образуется при сравнительно низкой относительной влажности воздуха:

Таблица 3

Относительная влажность, %	90—85	85—80	80—75	75—70
ΔT °С	8,6	9,7	12,6	14,5

Температура туманообразования за счет притока влаги к воздуху возрастает, так как в формуле (1) величина $\Delta T_{\text{то}} > 0$, что обеспечивает ее сближение с температурой воздуха и начало процесса конденсации.

Надводные туманы испарения обычно наблюдаются над незамерзающими заливами арктических морей, вблизи кромки арктических льдов, над незамерзающими зимой реками с быстрым течением. К аналогичным по условиям образования туманам испарения следует относить иногда возникающие после захода Солнца над влажной, чаще всего заболоченной теплой почвой поземные туманы. Эти туманы, когда температура почвы начнет понижаться, в дальнейшем могут сохраниться или усилиться как радиационные или рассеяться, если влажность воздуха мала.

Типичными синоптическими условиями, при которых возникают надводные туманы испарения, являются вторжения холодного воздуха в тылу циклонов. При выносе надводного тумана испарения на сушу или на водную поверхность, покрытую льдом, туман быстро рассеивается.

Зимой, когда чаще всего возникают надводные туманы испарения, разность температур вода — воздух определяется только температурой воздуха, поскольку температура поверхности воды в районах, где возможно льдообразование, близка к 0°C . В связи с этим, при прогнозе надводного тумана испарения основными предикторами являются температура воздуха и какая-либо характеристика влажности, определяющая степень близости воздуха к состоянию насыщения водяным паром (относительная влажность, дефицит точки росы). С использованием таких предикторов построен график, показанный на рисунке 1.7.

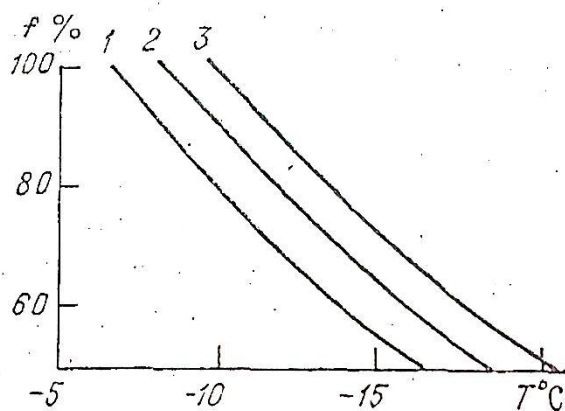


Рисунок 1.7 – Демаркационный график для прогноза надводных туманов испарения.

Если точка, координаты которой соответствуют начальным значениям температуры и относительной влажности над сушей или поверхностью акватории, покрытой льдом, попадает левее кривой 1, то при перемещении воздуха на открытую водную поверхность образование тумана ожидать не следует. Если она попадает между кривыми 1 и 2, то образуется слабый туман, между кривыми 2 и 3 — умеренный, и левее кривой 3 — сильный.

В «Руководстве по краткосрочным прогнозам погоды» приведена таблица, данные которой позволяют давать альтернативный прогноз речного тумана испарения по значениям разности температур вода — воздух и относительной влажности на наветренном берегу с учетом ширины реки.

1.7 Фронтальные туманы

Фронтальные туманы чаще всего образуются перед теплым фронтом или теплым фронтом окклюзии, а также за малоподвижным холодным фронтом, основная облачная система которого состоит из облаков Ns—As. В умеренных широтах эти туманы обычно наблюдаются поздней осенью и зимой при выпадении мелкокапельного дождя или мороси. Туман образуется при повышении влажности за счет испарения капель дождя или мороси, в результате чего температура туманообразования, повышаясь, достигает температуры подфронтального холодного воздуха.

Возникновение туманов на стационарных фронтах чаще всего происходит при очень малых углах наклона фронтальной поверхности к горизонту. Так, при соблюдении прочих условий туманообразования при $\operatorname{tg} \alpha \leq 0,003$ (α — угол наклона фронтальной поверхности к горизонту) всегда наблюдается туман, при $\operatorname{tg} \alpha \geq 0,01$ туман не образуется. При $0,01 \leq \operatorname{tg} \alpha \leq 0,003$ образование тумана возможно, но чаще всего образуется низкая облачность, высота нижней границы которой не более 100 м.

Фронтальные туманы обычно существуют несколько суток. Поэтому прогноз появления в пункте или районе возникшего фронтального тумана, а также его исчезновения за счет переноса сводится к прогнозу перемещения фронта, с которым этот туман связан. При этом учитывается возможная эволюция тумана при изменении интенсивности и фазового состояния осадков и стратификации приземного слоя воздуха.

При переходе от капельных осадков к выпадению снега плотность тумана из-за осушающего влияния снежинок будет уменьшаться.

Плотность тумана будет увеличиваться при повышении устойчивости стратификации температуры под инверсионным фронтальным слоем. При этом следует иметь в виду, что при $\gamma = 0,4 \dots 0,5$ °C/100 м и более в нижнем километровом слое дождь начинает рассеивать туман, причем тем быстрее, чем выше нижняя граница облаков и больше падение температуры с высотой. При изотермии в том же слое слабый и умеренный дождь может вызвать ослабление тумана в результате частичной коагуляции капель тумана с каплями дождя, но не вызывает его полного рассеяния.

В тех случаях, когда имеются благоприятные условия для новообразования фронтального тумана, а именно:

- температура теплого воздуха на верхней границе фронтального слоя выше 0°C, а разность между ней и температурой в психрометрической будке составляет 3—5°C;

- дефицит точки росы вне зоны фронтальных осадков менее 2 °C;

— скорость ветра в холодном подфронтальном воздухе не более 6 м/с.

В качестве предикторов могут быть использованы значения температуры капель дождя (на верхней границе фронтальной инверсии) T_k , температуры T и влажности T_d холодного подфронтального воздуха. Прогноз дается по демаркационному графику, приведенному на рисунке 1.8. По оси ординат откладывается разность температур между ее значениями на верхней границе инверсии и на высоте 2 м, а по оси абсцисс — дефицит точки росы (относительная влажность) у поверхности Земли в холодном воздухе.

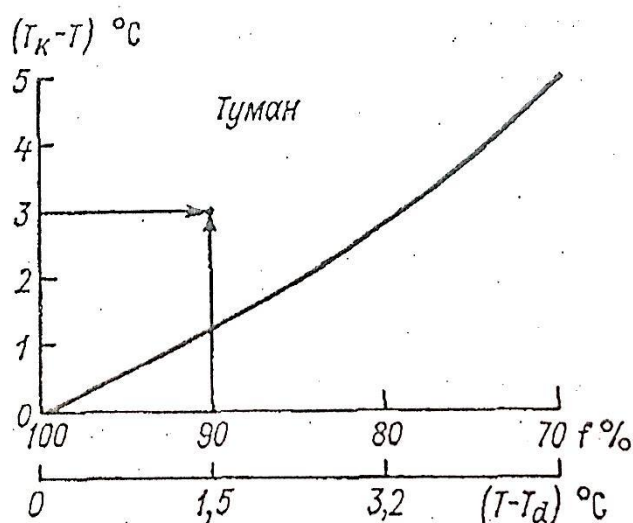


Рисунок 1.8 – График для прогноза фронтального тумана испарения.

1.8 Туманы смешения

Туман, образующийся в результате смешения двух воздушных масс, может образоваться только при определенном соотношении исходных значений температуры и влажности. Если исходные значения температуры и массовой доли водяного пара в более холодном воздухе обозначить через T_x и q_x , а в теплом воздухе — T_T и q_T , то после смешения этих воздушных масс аналогичные характеристики будут равны:

$$T = \frac{T_x + nT_T}{1 + n} \quad (6)$$

$$q = \frac{q_x + nq_x}{1 + n} \quad (7)$$

где n — масса теплого воздуха, смешавшаяся с единичной массой холодного воздуха.

При некоторых сочетаниях исходных значений температуры и влажности смешавшихся воздушных масс относительная влажность смеси может оказаться более высокой, чем относительная влажность каждой массы в отдельности. При этом возможны случаи, когда массовая доля водяного пара смеси воздушных масс будет больше насыщающей, и часть водяного пара сконденсируется, образуя туман.

Такие туманы могут образоваться зимой вблизи побережий морей и больших озер, когда направление ветра примерно параллельно береговой черте. Вдоль границы между теплым и влажным морским воздухом и холодным континентальным воздухом образуется зона смешения этих воздушных масс, где происходит конденсация водяного пара и образование тумана. По мере удаления от побережья плотность тумана резко убывает. Такой туман при его смещении в глубь континента или на море быстро рассеивается. Аналогичным образом может возникать туман смешения вдоль границы между теплыми и холодными морскими течениями в тех случаях, когда направление воздушных потоков в придном слое примерно параллельно этой границе.

Другим видом туманов смешения являются антропогенные туманы, возникающие в результате хозяйственной деятельности. В данном случае роль более теплой и влажной составляющей смеси двух воздушных масс играют продукты сгорания топлива, поступающие в атмосферу. При этом появление дополнительных ядер конденсации сколько-нибудь существенного значения не имеет. Основной причиной, приводящей к образованию тумана, является поступление в воздух в продуктах сгорания топлива большого количества водяного пара. Так, например, при сгорании 1

кг природного газа выделяется 2160 г водяного пара, при сгорании 1 кг бензина — 1305 г, при сгорании 1 кг дров — 637 г.

При высокой температуре воздуха дополнительное поступление водяного пара в атмосферу не приводит к достижению точки росы. Но при низких температурах образование тумана в зоне смешения продуктов сгорания с холодным воздухом происходит даже при его небольшой влажности. При температуре воздуха, ниже некоторого ее значения, называемого критическим $T_{кр}$, антропогенный туман может образоваться при относительной влажности меньше 100%. Зависимость критической температуры $T_{кр}$ насыщения воздуха водяным паром по отношению к воде при $p_0 = 1000$ гПа от относительной влажности f выглядит так:

Таблица 4

f %	100	90	60	0
$T_{кр}$ °C	-29	-33	-36	-39

При температуре воздуха ниже — 39 °C антропогенный туман смешения может образоваться в совершенно сухом воздухе.

Поскольку антропогенные туманы возникают при низких температурах, их часто называют морозными.

При прогнозе следует учитывать, что поступление водяного пара в атмосферу, в соответствии с формулой (1), приведет к повышению температуры туманообразования за счет роста точки росы. Для оценки этого эффекта нужно предварительно рассчитать количество водяного пара, поступающего в атмосферу при сгорании топлива в пределах населенного пункта.

Расчетные формулы имеют следующий вид:

$$\delta a = WQt / (2,4 \cdot 10^7 Sh) \quad (8)$$

$$\delta a = WQ / (8,64 \cdot 10^7 dVh) \quad (9)$$

где δa — количество водяного пара, поступающего в атмосферу, в г/м^3 ,
 W — количество водяного пара, выделяющегося при сгорании 1 кг топлива;
 Q — масса топлива, сжигаемого за сутки, кг; S — площадь, на которой
происходит сжигание топлива (площадь населенного пункта), км^2 ; h —
толщина слоя распространения водяного пара по вертикали, м; t — время, ч;
 d — ширина населенного пункта (км) в направлении нормали к вектору
скорости ветра V , м/с.

По рассчитанному значению δa и исходному значению T_d по графику,
показанному на рисунке 1.9, определяется δT_d . Значение δT_d получается за
промежуток времени, за который рассчитана величина δa .

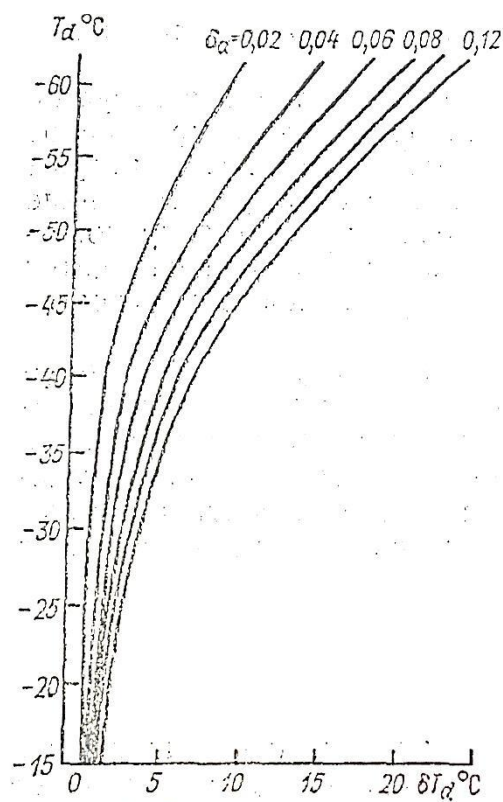


Рисунок 1.9 – График для расчета повышения точки росы по T_d и δa (наклонные линии).

Для оценки возможности возникновения тумана используется другой график (рисунок 1.10).

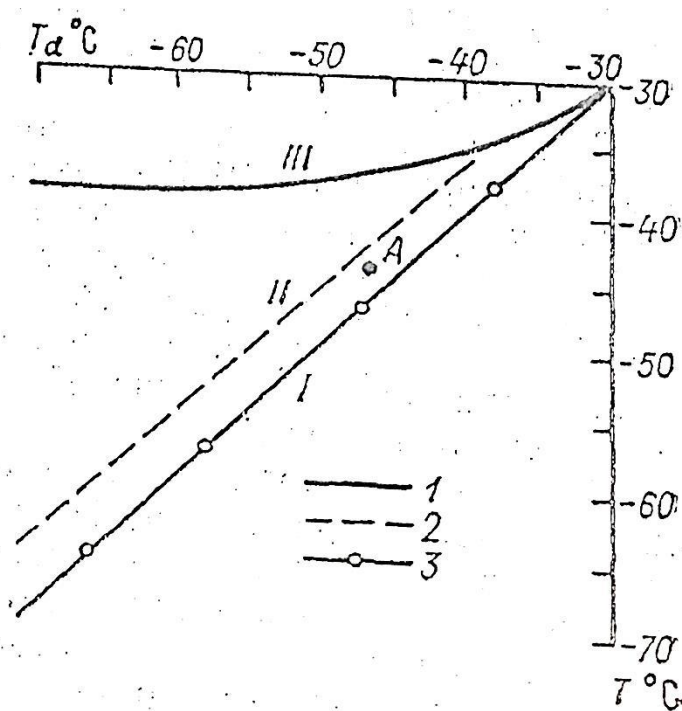


Рисунок 1.10 – График для прогноза ледяного тумана.

1 – линия разграничения областей уменьшения и увеличения степени насыщения воздуха водяным паром при сгорании топлива;

2 – линия насыщения воздуха по отношению ко льду;

3 – линия равных значений температуры и точки росы;

I – область устойчивого ледяного тумана;

II – область неустойчивого ледяного тумана;

III – область отсутствия ледяного тумана.

Входами в него являются исправленное значение точки росы ($T_d + \delta T_d$) и исходное значение температуры воздуха (T). На этом рисунке точка *A* характеризует состояние атмосферы, при котором вероятность возникновения антропогенного (морозного) тумана довольно велика, так как она находится вблизи границы, разделяющей области неустойчивого и устойчивого ледяного тумана.

Поскольку в пределах каждого населенного пункта поступление водяного пара в атмосферу за счет хозяйственной деятельности в течение

месяца и времени суток примерно одинаково, то, используя архивные данные, можно получить более точные эмпирические зависимости вероятности возникновения антропогенных туманов от рассмотренных выше факторов с учетом местных условий.

2. Физико-географические и климатические особенности Пензенской области

2.1. Физико-географические характеристики

Пензенская область расположена в Среднем Поволжье, входит в состав Приволжского федерального округа.

Пензенская область расположена в пределах умеренного географического пояса на границе лесной и степной зон. Протяженность области с севера на юг – 204 км (от 54° до 52° северной широты), с запада на восток – 330 км (от 42° до 47° восточной долготы), площадь – 43,2 тыс. км². (Приложение D).

Лесостепные территории являются основным месторасположением Пензенской области. Основные группы почв: черноземы, серые лесные почвы, луговые, лугово-черноземные и черноземно-луговые, а также более 20% составляют смытые (эродированные) вместе с почвами овражно-балочной сети.

Густая разветвленная речная сеть почти полностью формируется в пределах Пензенского края и принадлежит бассейнам Волги и Дона. Водораздел между этими бассейнами в пределах области проходит по Керенско-Чембарской возвышенности. Всего насчитывается 302 реки длиной свыше 10 км. Общая протяженность этих водотоков составляет 8145 км. Основные реки питают 2444 речки и ручья длиной менее 10 км. На каждый кв. км территории Сурского бассейна приходится 0,26-0,30 км рек и ручьев. Питание рек осуществляется на 13% за счет притока воды из соседних областей и за счет местного стока на 87%. Все реки в области равнинные с широкими поймами. Характеризуются относительно небольшими уклонами, медленным, спокойным течением. Питание рек относится к смешанному типу и осуществляется преимущественно за счет таяния снегов (60%), отчасти за счет грунтовых вод (23%) и частично дождевым способом (менее 20%). Главную роль в питании рек играют талые воды. Во 2-й половине ноября обычно образуется устойчивый ледяной покров. Отклонения в ту или иную сторону составляют от 15 до 35 дней. В основном, толщина ледяного покрова варьируется от 0,5 м до 0,7 м, но в некоторые малоснежные зимы мощность льда достигает 1,5 м. Движение льда на реках начинается в 1-й декаде апреля и продолжается 3-5 дней, на Суре и Хопре продолжительность чуть больше недели, иногда сопровождается заторами льда. [2,8,9]

На территории области 240 озер. Большинство находится в поймах рек и представляет собой старицы (оставленные рекой рукава). Ширина незначительна – примерно 10-20 м. Почти все озера имеют низкий уровень воды, глубоководных немного.

В Пензенской области насчитывается 382 торфяных болота, которые занимают площадь около 7,5 тыс. га и содержат около 30 млн. тонн торфа. Болота небольшие, от 1 до 10 га, тем не менее, есть болото, площадь которого достигает 220 га. Наиболее заболоченной и увлажненной частью области является восточная часть, которая так же является самой лесистой.

Именно на востоке области находятся почти 2/3 части всех болот общей площадью 3413,6 га.

На территории области находятся 900 водохранилищ. Крупнейшие из них – Сурское водохранилище объемом 560 и Вадинское – 12 млн м³ воды. [9]

Природные условия области разнообразны. Равнинный, слегка всхолмленный рельеф создает благоприятные условия для хозяйственной деятельности человека. Большую часть территории области занимает Приволжская возвышенность, расчлененная глубокими долинами на отдельные возвышенности и гряды с густой овражно-балочной сетью. На западе – Окско-Донская низменность. Абсолютные высоты колеблются от 150 до 330 м. [2, pnzreg.ru]

2.2 Климатические характеристики Пензенской области

Климат в Пензенской области умеренно-континентальный. Климатические различия по области несущественны в связи с небольшими размерами области. Среднегодовая температура колеблется от 3,2° С до 4,6° С. В течение года изменяется: в июле – от +19° С, +20° С, в январе – от – 13° С, – 11° С. Перенос тепла с запада оказывает большое влияние в холодное время года на формирование теплового режима территории, в связи с чем изотермы имеют направление с севера на юг и с запада на восток суровость зимы усиливается. Средняя температура воздуха в ноябре – 2,5° С, – 4° С, в декабре – 9° С, – 10,5° С, в марте – 6° С, – 7° С.

Самые низкие температуры отмечаются в долинах и замкнутых пониженных местах, в которые стекается холодный воздух. Абсолютные минимумы температуры – 42° С, – 45° С. Оттепели возникают при поступлении циклонов от Средиземноморья и Южной Атлантики. (в январе – феврале температура может быть +2-4° С).

Весенний месяц – апрель, средняя температура $4,7^{\circ}\text{C}$. К середине месяца снежный покров заканчивает таяние, а к концу месяца подходит оттаивание почвы. В начале мая устанавливается период со среднесуточной температурой выше 10°C (вегетационный период), который длится 135-145 дней. 7-10 мая – средняя дата начала безморозного периода (в восточных районах 15-20 мая). Но бывали случаи, что безморозный период начинался в середине апреля, или заморозки были в первой декаде июня. Многолетние средние значения температур вегетационного периода равны $2000 - 2500^{\circ}\text{C}$ (достаточно высокая обеспеченность тепловыми ресурсами). Среднесуточная температура воздуха летом $15-25^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха в конце сентября становится менее 10°C , вегетационный период заканчивается, наступает осень. [2, pnzreg.ru]

Конкретных закономерностей в выпадении осадков. нет. На низменных местах, широких долинах рек суммы осадков – 550 мм и менее, на возвышенных достигают 650 мм. Около 70% годовых сумм осадков выпадает в жидком виде и 30% в твердом. Их минимум приходится с марта по апрель, максимум на летние месяцы. Летом среднее количество дождливых дней 12 за месяц, из них 8-9 дней с обильными осадками (более 1 мм). Сильные дожди (более 1 мм) обычно бывают один-два раза в каждый из летних месяцев. Месячные суммы осадков сильно колеблются (от 30 до 200% от их средних значений). Отмечались годы, когда осадки не выпадали 50-60 дней подряд, а раз в 15-20 лет их месячные суммы могут достигать 120-150 мм. Периодически бывают засухи.

С ноября по март осадки выпадают почти исключительно в виде снега. В основном, они образуются за счет влаги, переносимой со стороны Южной Атлантики и Средиземноморья. Устойчивый снежный покров формируется в третьей декаде ноября. В отдельные годы может быть раньше или позже. Мощность снежного покрова достигает 35-40 см и при средней плотности $0,25-0,3\text{ г/см}^3$ он заключает в себе 800-1200 т воды на гектар. В конце 1-й – начале 2-й декады апреля происходит сход снежного покрова.

Годовое количество осадков на территории области сопоставимо с величиной испаряемости. Однако поверхностный сток (15-20% осадков) и нерегулярность их выпадения обуславливают неустойчивость увлажнения. [11]

За год на территории Пензенской области в среднем выпадает 630 мм атмосферных осадков. Из них 513 мм испаряется и расходуется растениями, и только 117 мм идет на формирование стока. На питание поверхностных вод поступает несколько меньше 20% атмосферных осадков.

Пензенский ЦГМС является филиалом ФГБУ «Приволжское УГМС» и насчитывает 8 метеорологических станций, 11 гидрологических постов, 5 агрометеорологических постов и 4 пункта наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха в Пензе. Также в состав Пензенского ЦГМС входит Комплексная лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды (КЛМС). [интернет-ресурс penzameteo.ru]

Основные задачи Пензенского ЦГМС:

- качественное и своевременное прогнозирование опасных явлений и неблагоприятных гидрометеорологических условий;
- своевременное предоставление гидрометеорологической информации; доведение информации согласно схеме всем заинтересованным лицам;
- обеспечение функционирования оперативной системы;
- предупреждение и оповещение о возникновении опасных природных явлений, а также обеспечение оперативной информацией об экстремально высоких уровнях радиоактивного и химического загрязнения окружающей среды;
- гидрометеорологическое обеспечение работ, связанных с ликвидацией последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций.

Специализированные прогнозы погоды и прогнозы возникновения метеорологических опасных явлений составляются в отделе ОНХ

Пензенского ЦГМС на основании детального анализа аэросиноптических материалов и информации, получаемой с сети станций и постов и метеорологических спутников. 8 метеостанций Пензенского ЦГМС каждые 3 часа проводят наблюдения на метеоплощадках, и полученные данные о фактической погоде передают в адрес Пензенского ЦГМС.

Затем полученная информация отправляется в Москву, где находится центр сбора и распространения гидрометеорологической информации. У синоптика в распоряжении имеются карты фактической погоды всего мира, а не только Пензенской области и соседних областей.

С 2010 года на всех метеостанциях Пензенской области были установлены АМК (автоматические метеорологические комплексы).

3. Условия образования туманов в Пензенской области

Туманы, в естественных условиях наблюдаются практически в любой местности. В различных климатических условиях колеблется лишь их повторяемость (от 15 – 20 до 100 – 120 дней в году). Туман, как фактор, ухудшающий видимость, наносит большой вред многим отраслям народного хозяйства, особенно воздушному и морскому транспорту. А также на работу

железнодорожного и автомобильного транспорта, увеличивая опасность столкновения и значительно снижая скорость движения.

На образование и повторяемость различных типов туманов существенное влияние оказывают местные условия того или иного района. Местные особенности по их влиянию на туманы целесообразно разделить на 2 группы: мелкомасштабные объекты, к которым следует отнести реки, пруды, населенные пункты, лесные массивы, мелкие неровности с превышением местности порядка 50-100 м и т.д., и крупномасштабные – большие озера, моря и горные хребты. В Пензенской области отсутствуют крупномасштабные объекты.

Одни и те же местные особенности не одинаково влияют на различные типы туманов. Например, влияние мелкомасштабных объектов, на адвективные туманы, как правило, обнаружить не удастся, в то время как крупномасштабные объекты на них оказывают существенное влияние. Кроме того, один и тот же объект нередко оказывает противоположное влияние на радиационный и адвективный туман. Для радиационного тумана наиболее благоприятными формами рельефа являются вогнутые – ложбины, речные долины и т.д.; для адвективных наоборот, выпуклые – холмы, отдельные горы и т.д. [10]

Для проведения анализа процесса туманообразования в Пензенской области взяты данные по метеостанции Пензенского аэропорта им. В. Г. Белинского, Россия, WMO ID = 27962 (53°07' с.ш., 45°01' в.д., 174 м.) с интернет-ресурса «Расписание погоды» (rp5.ru) с 01.01.2017 по 31.12.2019 (за 3 года). Был взят архив за анализируемый период и произведена выборка туманов и дымок, это составило 8759 сроков наблюдения, на основании данных составлена таблица (Приложение А). А также были взяты данные дат, предшествующих туманам для анализа прогноза и возникновения тумана. (Приложение В) (интернет-массив с сайта rp5.ru).

Для составления этих таблиц за основу взяты дата и время возникновения и завершения тумана, продолжительность тумана, время

восхода и захода солнца. Также в таблицу были внесены все основные метеопараметры и атмосферные явления, за которыми проводятся наблюдения на метеорологических станциях. (температура воздуха, температура точки росы, давление, относительная влажность воздуха, направление и средняя скорость ветра в срок наблюдения, горизонтальная дальность видимости, общее количество облачности).

После составления таблиц, в соответствии с датами туманов были изучены синоптические карты во время формирования и рассеивания туманов с немецкого сайта (wetterzentrale.de). (Приложение С).

3.1 Годовой и суточный ход туманов

Годовой ход

По данным наблюдений за 3 года (с 01.01.2017 по 31.12.2019) в Пензенской области отмечалось 265 дымок и туманов. Из них туманов – 34, дымок – 231. (Приложение В и гистограммы с таблицами на рисунках 3.1, 3.2, 3.3, 3.4).

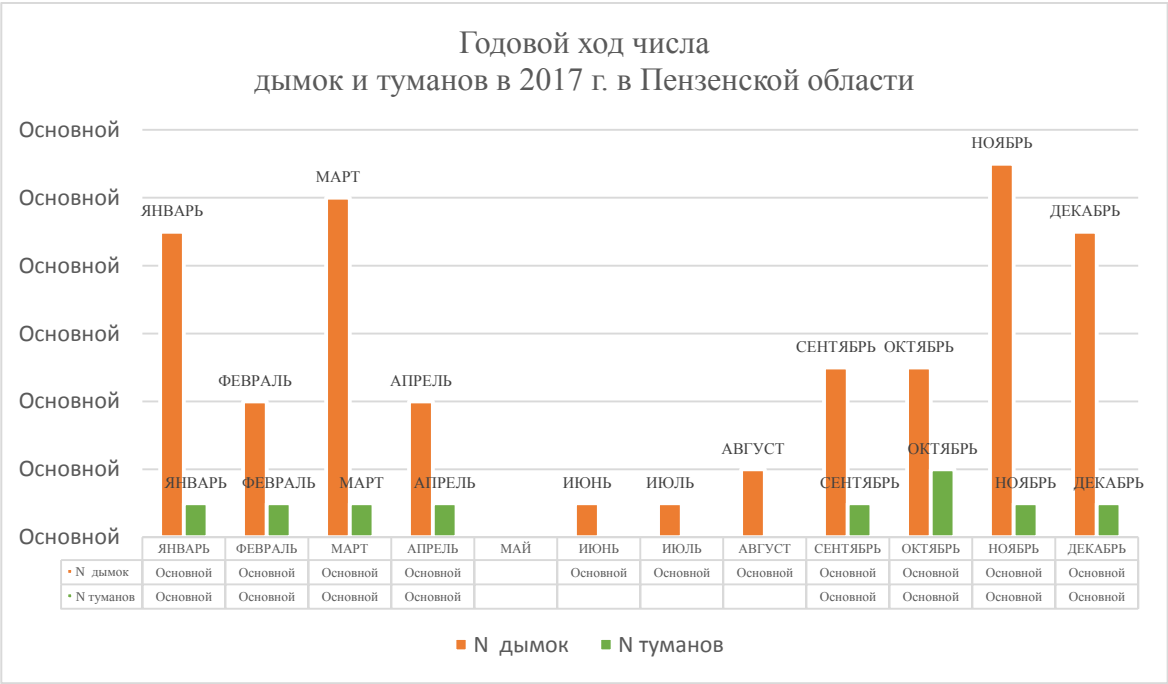


Рисунок 3.1 – Годовой ход числа дымок и туманов в 2017 г. в Пензенской области.

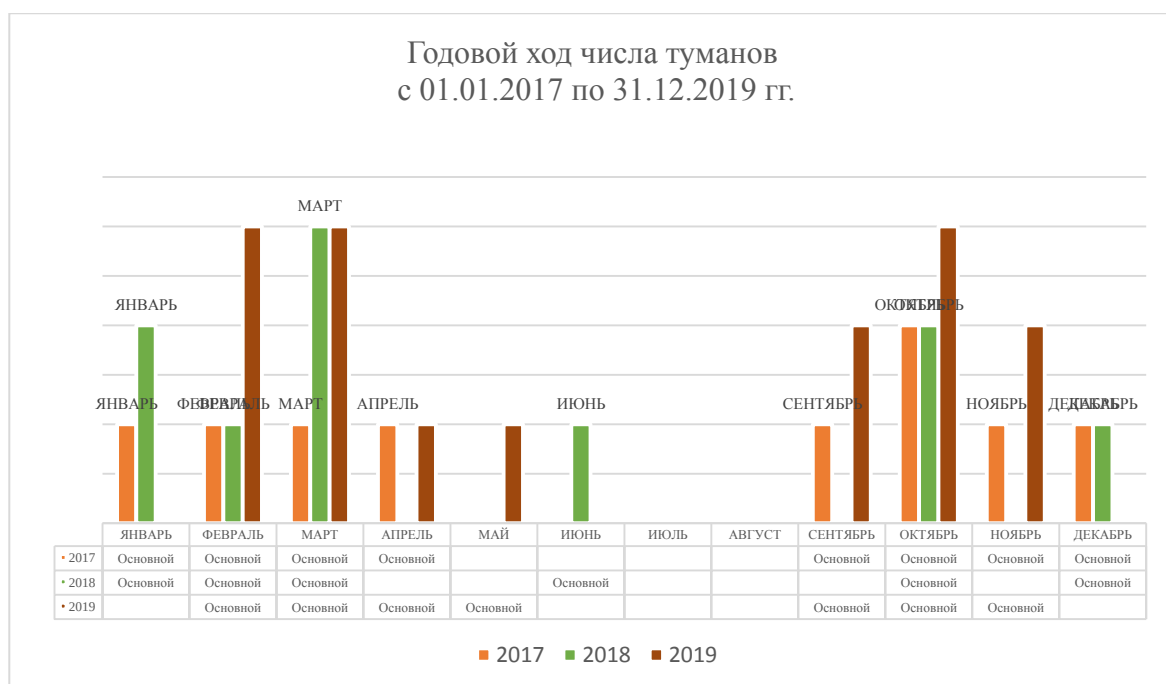


Рисунок 3.4 – Годовой ход числа туманов с 01.01.2017 по 31.12.2019 гг. в Пензенской области.

Из гистограмм и таблиц видно, что за исследуемый период времени дымки и туманы в большей степени наблюдались в холодное время года, туманы с сентября по март, в летние месяцы практически туманов нет, за исследуемый период был лишь один случай радиационного тумана 14.06.2018 года.

Для примера были взяты синоптические карты дат образования туманов в разное время года, (приложение С). На рисунке 1 виден гребень антициклона в котором образовался туман 01.12.2018 г., на рисунке 2 – туман образовался на юго-восточной периферии антициклона 14.06.2018 г., на рисунке 3 – туман образовался в малоградиентном поле высокого давления 20.10.2019 г.

Далее более подробно рассмотрим условия образования туманов в Пензенской области, поэтому подробнее остановимся на анализе туманов.

Суточный ход туманов

Так как, в Пензенской области находится аэропорт, то необходимо исследовать суточный ход туманов, для того чтобы можно было планировать расписание полетов самолетов с учетом максимальной вероятности отсутствия туманов.

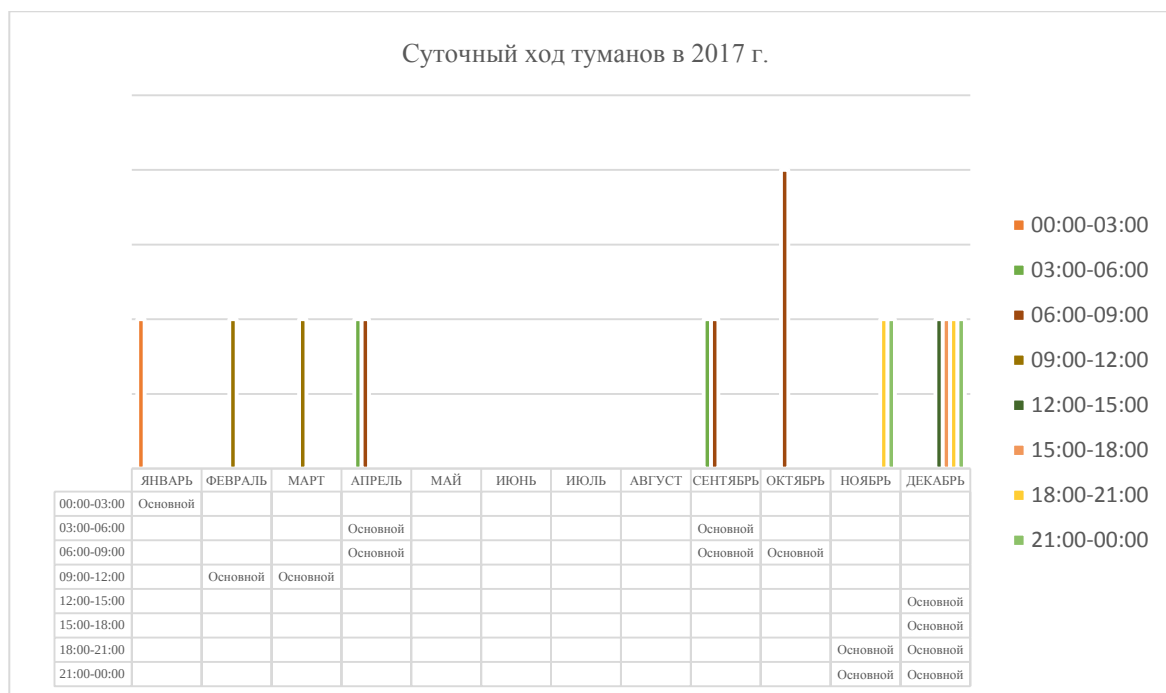


Рисунок 3.5 – Суточный ход туманов в 2017 г. в Пензенской области.

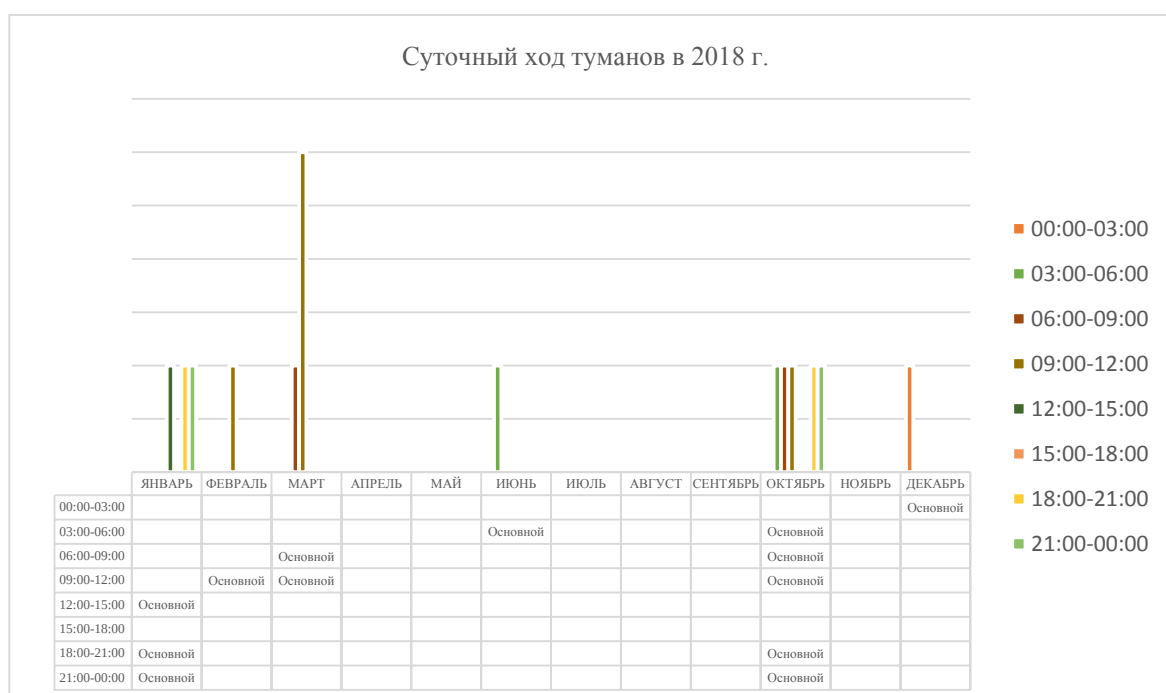


Рисунок 3.6 – Суточный ход туманов в 2018 г. в Пензенской области.

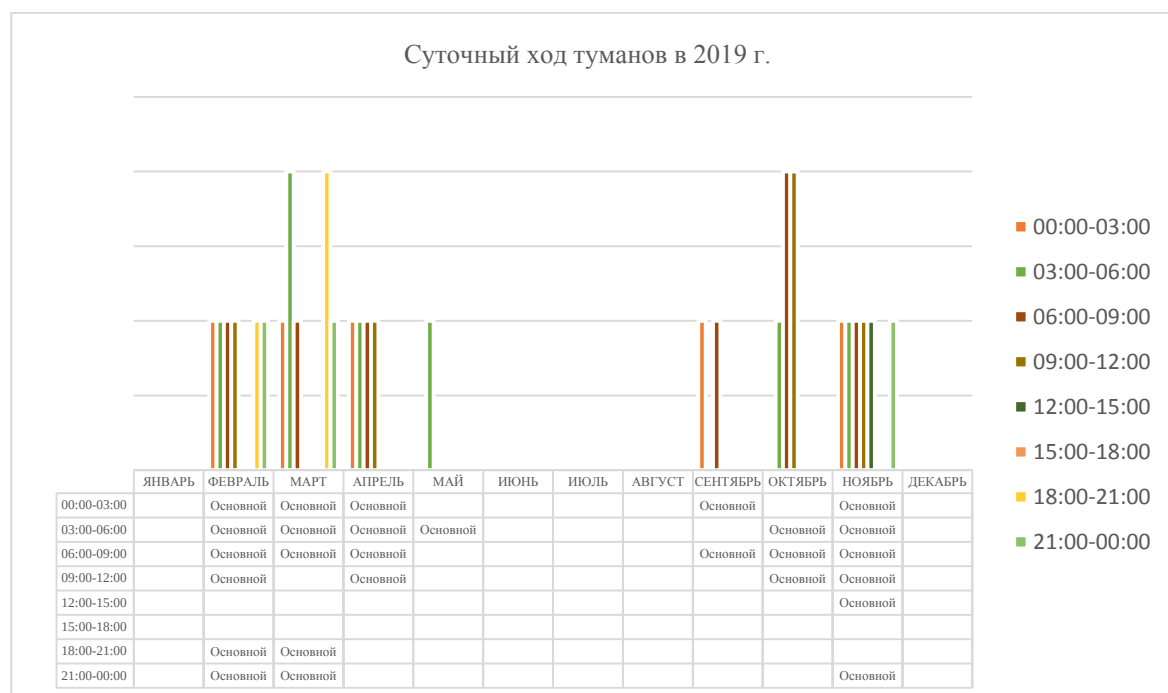


Рисунок 3.7 – Суточный ход туманов в 2019 г. в Пензенской области.

Из рисунков 3.5, 3.6, 3.7 с гистограммами и таблицами видно, что чаще всего туманы бывают в утренние часы с 3 до 6 часов утра, а реже всего с 15 до 20 часов.

Во все сезоны туманы имеют хорошо выраженный суточный ход, начинают образовываться ночью, а максимума достигают к утру, после восхода солнца рассеиваются.

3.2 Продолжительность туманов

За исследуемый период продолжительность туманов различная, на рисунке 3.8 на диаграмме видно, что до 3-х часов – 18 туманов (53%), свыше 3-х до 6-ти часов – 10 туманов (29%), свыше 6-ти до 9-ти часов – 1 туман

(3%), свыше 9-ти до 12-ти часов – 5 туманов (15%), Продолжительные туманы бывают реже, в основном бывают туманы до 3-х часов.



Рисунок 3.8 – Продолжительность туманов за 2017–2019 гг. в Пензенской области.

3.3 Классификация туманов

Известно, что радиационный туман может возникать при безоблачной или малооблачной погоде со слабым ветром (до 2 – 3 м/с) после захода Солнца на протяжении большей части ночи или утром. В основу прогноза радиационного тумана положено соотношение между ожидаемой температурой образования этого явления T_T и ожидаемой минимальной температурой воздуха $T_{\min}$ ночью.

Если по исходному синоптическому положению в вечерний срок и по прогнозу его изменения ночью ожидается безоблачная или малооблачная погода и слабый ветер (или штиль) у поверхности земли, то при $T_T \geq T_{\min}$ следует ожидать туман. [14]

В Пензенской области, за исследуемый период из 34 туманов 25 были радиационными, что составляет 73%.

После определения возможности возникновения радиационного тумана по соотношению между ожидаемой температурой туманообразования и прогнозируемой минимальной температурой воздуха требуется установить, будут ли благоприятными для тумана распределение скорости ветра и вертикальные профили температуры и точки росы в нижнем слое атмосферы. Для этого необходимо использовать результаты измерений ветра, температуры и влажности. После изучения соответствующей литературы, известно, что радиационный туман возможен при скорости ветра не более 7 м/с на высоте 100 м и не более 10 м/с на высотах от 300 до 900 м. Метеостанция Пенза / им. В.Г. Белинского (аэропорт) расположена на высоте 174 м. Указанные предельные значения скорости ветра относятся к холодному времени года, в теплое время года они на 2 м/с меньше.

Ожидаемая стратификация нижнего слоя атмосферы определяется по нанесенным на аэрологическую диаграмму значениям температуры и точки росы от поверхности Земли до уровня 850 мбар в дневной или вечерний срок наблюдений и по прогнозируемой величине минимальной температуры воздуха. Проводя прямую от значения ожидаемой минимальной температуры воздуха у поверхности Земли через точку кривой температуры на уровне 925 мбар, можно приближенно определить толщину слоя, в котором будет происходить конденсация водяного пара. При положительной температуре воздуха водяной пар конденсируется в слое, где дефицит точки росы близок к 0 °С. При температуре воздуха ниже 0 °С конденсация начинается при насыщающей упругости водяного пара по отношению ко льду. Соответственно значениям разности насыщающей упругости водяного пара по отношению к воде и ко льду при температуре воздуха –10 °С конденсация водяного пара происходит в слое, где дефицит точки росы не превышает 1 °С, при температуре воздуха –20 °С и –30 °С конденсация возможна в слое, где дефицит точки росы будет соответственно 2 °С и 3 °С.

Для возникновения радиационного тумана достаточно, чтобы в образующейся ночью приземной инверсии были условия для конденсации водяного пара в слое 100 – 300 м.

Время возникновения радиационного тумана зависит от разности между температурой воздуха в исходный вечерний срок и ожидаемой температурой туманообразования. При его определении нужно исходить из того, что в течение первых двух часов после захода Солнца температура воздуха понижается на 2–2,5 °С, в течение третьего часа на 0,8–1 °С, а в каждый последующий час её понижение уменьшается на 0,1–0,2 °С.

Рассеяние радиационного тумана происходит через 2–3 ч после восхода Солнца, если не изменяется синоптическое положение и не усиливается ветер. В случае усиления ветра хотя бы на 1–2 м/с вследствие увеличения барического градиента радиационный туман рассеивается до восхода Солнца.

Адвективный туман возникает при переносе теплого влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность в тыловой части антициклона и в передней части или в теплом секторе циклона.

Для существования этого тумана адвективное охлаждение воздуха должно быть достаточным, чтобы турбулентное перемешивание, зависящее от скорости ветра и стратификации воздушной массы, не успевало переносить образующиеся в приземном слое продукты конденсации вверх. Если же при аналогичном синоптическом положении турбулентность способна приподнять уровень конденсации на некоторую высоту, то вместо тумана будут наблюдаться низкие слоистые облака.

Количественным показателем адвективного охлаждения воздуха является положительная разность между значениями его температуры в начале и конце траектории за выбранный промежуток времени ($T' - T > 0$).

О возможности образования продуктов конденсации в приземном слое воздуха можно судить по соотношению между дефицитом точки росы в

начале траектории Δ' и разностью значений точки росы в начале и конце траектории ($T_d' - T_d$). [14]

Адвективных туманов в Пензенской области за исследуемый период было 5 (15%), адвективно-радиационных – 4 (12%).



Рисунок 3.9 – Классификация туманов в Пензенской области.

Далее будем анализировать туманообразование в Пензенской области в зависимости от различных метеопараметров.

3.4 Температура начала тумана

Диапазон температур в исследуемый период, во время тумана очень широк, от $-22,2^{\circ}\text{C}$ до $14,4^{\circ}\text{C}$. При положительных температурах было – 17 туманов (50%), при отрицательных тоже – 17 туманов (50%). Средняя температура – $0,6^{\circ}\text{C}$. Радиационные туманы в Пензенской области образуются в диапазоне от $-19,5$ до $14,4$, адвективные от $-22,2^{\circ}\text{C}$ до $0,8^{\circ}\text{C}$, адвективно-радиационные от -1°C до $10,1^{\circ}\text{C}$. Из диаграммы на рисунке 3.10 видно, что наиболее благоприятная температура для образования радиационных туманов в Пензенской области от -5°C до 5°C , для

адвективно-радиационных от -5°C до 0°C , (рисунок 3.11), для адвективных туманов в диапазоне от -25°C до 5°C (рисунок 3.12).



Рисунок 3.10 – Температура начала радиационных туманов.



Рисунок 3.11 – Температура начала адвективно-радиационных туманов.



Рисунок 3.12 – Температура начала адвективных туманов.

3.5 Относительная влажность при образовании тумана

Из многочисленных наблюдений можно сделать вывод, что относительная влажность при образовании туманов близка к 100%.

Из рисунка 3.13 видно, что туманы в 29 случаях (85%) образовывались при относительной влажности 95-100%, в 3 случаях 90-94% (9%), по 1 случаю 85-89% (3%) и 80-84% (3%).



Рисунок 3.13 – Повторяемость туманов при разной относительной влажности воздуха.

3.6 Скорость и направление ветра при образовании тумана

Ветер является важным условием возникновения и существования тумана. Слабое турбулентное перемешивание обычно способствует туману, значительный турбулентный обмен приводит к его рассеиванию. За исследуемый период при рассмотрении повторяемости туманов в зависимости от скорости и направления ветра следует, что для возникновения и существования туманов в данной местности благоприятны малые скорости ветра. (Рисунок 3.14).

В 3 случаях скорость ветра составила свыше 3 м/с (9%), в 31 случае ≤ 3 м/с (91%).



Рисунок 3.14 – Повторяемость туманов при разной скорости ветра

Для образования туманов большое значение имеет направление ветра. Анализ ветрового режима показывает, что в Пензенской области туманы, как радиационные, так и адвективные, чаще всего возникают при юго-западных ветрах.

3.7 Горизонтальная видимость

В зависимости от степени ухудшения видимости туманы подразделяются на слабые (видимость 500 – 1000 м), умеренные (видимость 200 – 500 м), сильные (видимость 50 – 200 м) и очень сильные (видимость менее 50 м).

Из рисунка 3.15 видно, что по горизонтальной дальности видимости в 59% случаев за исследуемый период в Пензенской области наблюдались умеренные туманы (от 200 до 500 м), в 23% случаев наблюдались слабые туманы (500 – 1000 м) и в 18% случаев наблюдались сильные туманы (видимость менее 200 м).



Рисунок 3.15 – Повторяемость горизонтальной дальности видимости в туманах.

Анализ метеоусловий в туманах.

Подавляющее большинство туманов за исследуемый период образовывалось при относительной влажности близкой к 100%, что является естественным условием образования, но были и случаи туманов

образованных в холодное время года при относительной влажности меньше 90%, это связано с антропогенным фактором, т.е. поступлением в воздух большого количества ядер конденсации вместе с дымом при сгорании топлива.

Чаще туманы образовывались при юго-западных ветрах, которые способствовали слабому турбулентному обмену. Также благоприятным условием для образования туманов являлся ветер менее 1м/с.

В основном туманы формировались в холодное время года. В этот период охлаждение воздуха от поверхности служит сильным туманообразующим фактором. Охлаждение возможно над снегом, который характеризуется большими значениями альбедо и эффективного излучения, а поэтому и более низкой температурой. Наиболее благоприятные условия для формирования тумана над снежной поверхностью наблюдаются при температурах близких к 0°C (от 5 до - 5°C).

Больше половины туманов, образовавшихся в Пензенской области за исследуемый период, можно классифицировать как умеренные (с метеорологической дальностью видимости 200-500м).

Заключение.

В результате исследования метеорологических условий образования туманов в аэропорту г Пенза за период с 01.01.2017 г. по 31.12.2019 г. получены следующие результаты:

1. Туманы образуются, в большей степени, в холодное время года, с сентября по март.

2. Основные барические образования, способствующие формированию туманов в исследуемый период времени - гребни антициклонов и малоградиентные поля повышенного давления;
3. Летом за данный период наблюдался один туман, который образовался на юго-восточной периферии антициклона, располагающегося над Центральной частью России;
4. В аэропорту г Пенза туманы появляются после захода Солнца, что связано с радиационным понижением температуры почвы и последующем охлаждением воздуха до температуры ниже температуры точки росы. Таким образом, большинство туманов, образующихся в аэропорту г Пенза, относятся к радиационным (73 %), меньше адвективных (15 %) и радиационно-адвективных.(12 %)
5. Туманы имели хорошо выраженный суточный ход, образовывались ночью, максимума достигали к утру и рассеивались после восхода Солнца, либо при смене синоптической ситуации;
6. Продолжительность туманов в 53% случаев была менее трех часов;
7. 73% составили радиационные туманы;
8. Температура начала туманов в 56% случаях была в интервале от 5 °С до -5 °С;
9. Туманы в 85% случаев образовывались при относительной влажности 95-100%;
10. В 91% случаев скорость ветра была ≤ 3 м/с;
11. В 59% случаев горизонтальная дальность видимости была 200 – 500 м.

Список используемой литературы

1. Амелин А. Г. Туманы служат человеку. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1961. – 112 с.
2. Атлас Пензенской области. – Москва, 1982. – 36 с.
3. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 328 с.
4. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз для авиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
5. Богаткин О.Г. Информационно-справочная книга авиационного метеоролога. Книга 1, Санкт-Петербург, 2010 г.
6. Воробьев В. И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
7. Зверев, А. С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
8. Зимин П.В. Реки Пензенской области. – Саратов: Приволжское книжное изд-во, Пенз. отделение, 1989. – 168 с.
9. Ивушкин И.М., Водорегулирующие сооружения Пензенской области. – Пенза: Изд-во «Пензенская правда», 1993. – 267 с.

10. Кошеленко И. В. Туманы. – М.: Московское отделение гидрометеоиздата, 1977. – 156 с.
11. Курицын И.И., География Пензенской области – Саратов: Приволжское книжное изд-во, Пенз. отделение, 1991. – 96 с.
12. Матвеев А.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 758 с.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1 – 6. Выпуск 12. Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская, Пензенская, Оренбургская, Саратовская области. – Ленинград, Гидрометеоиздат, 1988. – 649 с.
14. Петренко Н. В. Прогноз тумана и видимости в тумане на период более трех часов. (Пособие для синоптиков АМСГ, ЗАМЦ и МГАМЦ) – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 24 с.1.
15. Практикум по синоптической метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983.
16. Цверава В. Г., Харин П. И. Некоторые результаты экспериментальных исследований туманов. – Обнинск, 1975. – 72 с.

Интернет-ресурсы:

<http://www.wetterzentrale.de> (даты обращения 29.04.2020 -7.05.2020)

<http://www.penzameteo.ru> (дата обращения 26.04.2020)

<http://www.rp5.ru> (даты обращения 29.04.2020 -7.05.2020)

<http://www.world-weather.ru> (дата обращения 30.04.2020)

<http://www.pnzreg.ru> (дата обращения 26.04.2020)

Приложение А

Туманы с 01.01.2017 г. по 31.12.2020 г. в Пензенской области.

	Дата и время начала тумана	Вре мя окон чани я тума на	Время восхода солнца	Время захода	Продол жительно сть, не более, ч	T °C	Td °C	P	f%	Dd	Ff м/с	N	VV	
1	10.01.2017 00:00	03:00	08:10	16:05	3	-8,1	-8,9	751,4	94	ЗСЗ	1	100%.	0,5	p
2	13.02.2017 09:00	12:00	07:20	17:07	3	-8,7	-9,0	757,3	98	Штиль	0		0,5	p
3	08.03.2017 09:00	12:00	06:29	17:51	3	-2,0	-2,3	759,8	98	ЮЮВ	2		0,2	p
4	09.04.2017 03:00	09:00	05:13	18:49	6	2,7	2,3	742,6	97	ЗСЗ	1	Облаков нет.	0,5	p
	09.04.2017 06:00					2,3	2,0	743,2	98	Штиль	0		0,1	
5	08.09.2017 03:00	09:00	05:22	18:32	6	11,7	11,2	740,4	97	ЗСЗ	2	100%.	0,5	p
	08.09.2017 06:00					12,7	11,4	740,7	92	СЗ	3	70 – 80%.	4,0	
6	22.10.2017 06:00	09:00	06:40	16:48	3	-1,8	-2,0	746,0	99	В	2		0,5	p
7	28.10.2017 06:00	09:00	06:51	16:35	3	1,1	0,9	739,9	99	З	3	100%.	0,5	p
8	23.11.2017 18:00	00:00	07:39	15:53	6	1,5	1,2	743,6	98	З	1	100%.	0,5	p
	23.11.2017 21:00					0,9	0,6	745,4	98	ЗСЗ	1	100%.	4,0	
9	28.12.2017 12:00	00:00	08:14	15:49	12	2,8	2,5	745,9	98	ЗЮЗ	2	100%.	0,5	p
	28.12.2017 15:00					2,6	2,4	746,8	99	ЗЮЗ	1	100%.	0,5	

	28.12.2017 18:00					2,4	2,1	748,1	98	ЗЮЗ	2	100%.	0,5	
	28.12.2017 21:00					1,9	1,7	749,2	99	ЗЮЗ	2	100%.	1,0	
10	02.01.2018 12:00	15:00	08:13	15:54	3	-1,0	-1,2	750,4	99	Ю	1	100%.	4,0	ар
11	03.01.2018 18:00	00:00	08:13	15:55	6	-0,2	-0,3	752,3	99	ЮЮВ	3	100%.	0,5	р
	03.01.2018 21:00					-1,3	-1,4	752,6	99	Ю	2	100%.	0,5	
12	24.02.2018 09:00	12:00	06:57	17:28	3	-22,2	-24,2	753,5	84	ВЮВ	1	70 – 80%.	10,0	а
13	20.03.2018 06:00	12:00	06:01	18:13	6	-19,5	-21,0	746,5	88	З	1	Облаков нет.	0,5	р
	20.03.2018 09:00					-16,6	-18,0	746,8	89	ЗЮЗ	1	Облаков нет.	4,0	
14	23.03.2018 09:00	12:00	05:54	18:18	3	-6,6	-7,3	741,0	95	З	3	100%.	0,5	а
15	25.03.2018 09:00	12:00	05:49	18:22	3	-10,4	-10,9	743,8	96	З	2	70 – 80%.	2,0	а
16	14.06.2018 03:00	06:00	03:32	20:28	3	14,4	13,9	741,7	97	Штиль	0	100%.	0,2	р
17	15.10.2018 18:00	00:00	06:27	17:04	6	10,8	9,8	752,8	94	Штиль	0	Облаков нет.	0,5	р
	15.10.2018 21:00					9,0	8,6	753,1	97	З	3		0,1	
18	18.10.2018 03:00	12:00	06:32	16:57	12	2,8	2,3	754,3	97	Штиль	0	Облаков нет.	0,2	р
	18.10.2018 06:00					1,2	1,0	754,7	99	Штиль	0	Облаков нет.	0,2	
	18.10.2018 09:00					3,8	3,5	755,1	98	Штиль	0		0,1	
19	01.12.2018 00:00	03:00	07:50	15:47	3	-11,3	-11,6	768,7	98	ЗЮЗ	1		0,5	р
20	05.02.2019 18:00	03:00	07:32	16:55	9	-0,5	-0,7	755,4	99	З	2	100%.	0,5	ар
	05.02.2019 21:00					0,0	-0,1	755,8	99	З	1		0,2	
	06.02.2019 00:00					0,3	0,2	756,3	99	ВСВ	1		0,2	
21	09.02.2019 03:00	09:00	07:29	16:58	6	-10,1	-11,0	754,9	93	З	3		0,5	р
	09.02.2019 06:00					-9,7	-10,6	754,7	93	З	2		0,5	
22	17.02.2019 09:00	12:00	07:13	17:14	3	-4,6	-4,9	736,3	98	З	5	100%.	1,0	а
23	10.03.2019 18:00	06:00	06:26	17:54	12	1,1	0,9	738,3	99	ЮЮВ	2	100%.	4,0	ар
	10.03.2019 21:00					0,9	0,9	737,4	100	ЮЮВ	2	100%.	0,5	
	11.03.2019 00:00		06:25	17:55		1,4	1,3	736,0	99	Ю	2	100%.	1,0	
	11.03.2019 03:00					0,3	0,3	734,1	100	ЮВ	4	100%.	0,5	
24	11.03.2019 18:00	21:00	06:25	17:55	3	0,8	0,6	731,8	99	З	4	100%.	0,5	а
25	19.03.2019 03:00	09:00	06:06	18:09	6	-4,5	-4,9	755,4	97	ЗЮЗ	1	Облаков нет.	0,2	р
	19.03.2019 06:00					-3,5	-3,7	755,5	99	З	2	100%.	0,5	
26	07.04.2019 00:00	12:00	05:18	18:45	12	0,7	0,6	752,5	99	Штиль	0		0,2	р

	07.04.2019 03:00					0,0	0,0	751,5	100	ЮВ	2		0,2	
	07.04.2019 06:00					-0,1	-0,1	751,5	100	Ю	1		0,2	
	07.04.2019 09:00					1,6	1,6	751,9	100	ЗЮЗ	2	100%.	2,0	
27	07.05.2019 03:00	06:00	04:14	19:38	3	11,8	11,5	740,8	98	СЗ	2	100%.	0,5	р
28	03.09.2019 00:00	03:00	05:11	18:47	3	9,3	9,1	746,3	99	З	1	20–30%.	4,0	р
29	28.09.2019 06:00	09:00	05:56	17:45	3	4,5	4,3	746,0	99	Штиль	0	60%.	2,0	р
30	20.10.2019 06:00	12:00	06:35	16:53	6	3,6	3,5	754,7	99	Штиль	0		0,2	р
	20.10.2019 09:00					6,7	6,6	755,2	99	Ю	1	100%.	4,0	
31	24.10.2019 06:00	09:00	06:42	16:45	3	9,3	9,2	749,0	99	З	1		0,5	р
32	26.10.2019 09:00	12:00	06:47	16:40	3	10,1	9,8	750,7	98	ЗЮЗ	3	70 – 80%.	4,0	ар
33	14.11.2019 03:00	15:00	07:22	16:06	12	-1,3	-1,1	760,2	99	Штиль	0		0,5	р
	14.11.2019 06:00					-1,5	-1,2	760,7	100	В	1		0,5	
	14.11.2019 09:00					-1,4	-1,4	761,2	100	ЮЮЗ	1		0,5	
	14.11.2019 12:00					-0,5	-0,5	761,5	100	ЮЗ	1	100%.	2,0	
34	14.11.2019 21:00	03:00	07:22	16:06	6	-1,4	-1,4	762,4	100	Ю	2		0,5	р
	15.11.2019 00:00					-2,0	-2,0	763,0	100	ЮЮВ	2	100%.	1,0	

Приложение В

Туманы и дымки с 01.01.2017 г. по 31.12.2019 г. в Пензенской области.

№ № пп	дата	начало	окончание	продол житель ность	T	Td	Po	U	DD	Ff	N	WW	VV
1	01.01.2017	15:00	18:00		-3,0	-3,6	738,6	96	3	3	100%.	Дымка.	4,0
2	03.01.2017	0:00	3:00		0,3	-0,1	733,0	97	ЗЮЗ	4	100%.	Дымка.	4,0
3	06.01.2017	21:00	0:00		-5,4	-5,9	750,9	96	Штиль	0	100%.	Дымка.	4,0
4	07.01.2017	0:00	6:00	6	-4,4	-4,8	751,9	97	В	1	100%.	Дымка.	4,0
5	08.01.2017	0:00	3:00		-5,7	-6,3	746,2	96	СВ	2	100%.	Дымка.	4,0
6	09.01.2017	09.01.2017 0:00	11.01.2017 21:00	69	-8,9	-9,7	752,5	93	ССВ	1	100%.	Дымка.	4,0
7	12.01.2017	12:00	18:00	6	-9,9	-10,9	750,9	92	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
8	13.01.2017	9:00	12:00		-2,3	-3,0	745,7	95	ЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
9	25.01.2017	3:00	9:00	6	-2,7	-3,5	738,8	94	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
10	11.02.2017	9:00	12:00		-3,8	-5,3	756,1	89	СВ	1	100%.	Дымка.	4,0
11	12.02.2017	18:00	21:00		-4,3	-5,5	756,7	91	ЗЮЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
12	13.02.2017	3:00	15:00	12	-8,9	-9,0	757,3	96	Штиль	1		Туман.	0,5
13	17.02.2017	0:00	9:00	9	-17,4	-18,6	754,6	90	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
14	23.02.2017	12:00	15:00		1,0	-0,1	733,8	92	3	4	100%.	Дымка.	4,0

15	01.03.2017	6:00	9:00		-3,6	-4,4	753,0	94	ЗЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
16	04.03.2017	0:00	15:00	15	1,5	0,6	744,9	94	ЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
17	05.03.2017	0:00	12:00	12	-2,0	-2,8	751,5	94	З	3	Облаков нет.	Дымка.	4,0
18	08.03.2017	3:00	15:00	12	-2,0	-2,3	759,8	98	ЮЮВ	2		Туман.	0,2
19	09.03.2017	3:00	12:00	9	-2,9	-3,6	761,0	95	ЮВ	2	100%.	Дымка.	4,0
20	10.03.2017	6:00	12:00	6	-5,7	-6,2	759,7	96	ЮЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
21	13.03.2017	6:00	9:00		-6,9	-7,4	756,5	96	В	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
22	16.03.2017	6:00	9:00		-1,3	-3,7	747,1	84	ЮЮВ	3	Облаков нет.	Дымка.	4,0
23	20.03.2017	3:00	15:00	12	-0,6	-1,7	743,5	92	ЮЮВ	5	100%.	Дымка.	4,0
24	24.03.2017	9:00	12:00		0,4	0,2	753,3	99	З	3	100%.	Дымка.	2,0
25	28.03.2017	0:00	6:00	6	-0,2	-0,7	730,9	96	СЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
26	02.04.2017	6:00	9:00		-10,5	-11,5	754,1	92	В	1	70 – 80%.	Дымка.	4,0
27	03.04.2017	3:00	15:00	12	3,1	2,6	746,0	97	ЗСЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
28	04.04.2017	6:00	9:00		-1,3	-2,7	752,2	90	В	3	70 – 80%.	Дымка.	4,0
29	09.04.2017	3:00	15:00	12	2,7	2,3	742,6	97	ЗСЗ	1	Облаков нет.	Туман.	0,5
30	19.04.2017	12:00	15:00		0,2	-0,3	746,5	96	В	4	100%.	Дымка.	4,0
31	12.06.2017	3:00	9:00	6	10,0	9,2	740,8	95	З	1	50%.	Дымка.	4,0
32	08.07.2017	3:00	6:00		8,3	7,3	739,7	93	ЗЮЗ	2	Облаков нет.	Дымка.	4,0
33	30.08.2017	9:00	12:00		13,7	12,2	744,9	91	ВСВ	2	100%.	Дымка.	4,0
34	31.08.2017	3:00	9:00	6	13,8	13,1	748,0	96	ВСВ	1	100%.	Дымка.	4,0
35	03.09.2017	6:00	9:00		11,2	10,6	742,0	96	ВЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
36	03.09.2017	21:00	6:00	9	13,0	12,4	741,9	96	ССЗ	1	70 – 80%.	Дымка.	4,0
37	06.09.2017	0:00	3:00		10,0	8,8	747,0	92	В	2	70 – 80%.	Дымка.	4,0
38	08.09.2017	0:00	9:00	9	14,8	11,2	740,5	97	ЗСЗ	2	100%.	Туман.	0,5
39	10.09.2017	0:00	9:00	9	9,2	8,3	745,9	94	З	3	20–30%.	Дымка.	4,0
40	24.09.2017	0:00	9:00	9	6,4	5,9	760,4	97	В	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
41	13.10.2017	9:00	12:00		7,7	6,9	744,0	95	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
42	14.10.2017	0:00	9:00	9	10,5	9,4	740,5	93	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
43	18.10.2017	3:00	9:00	6	3,7	3,0	745,4	95	ЗСЗ	3	Облаков нет.	Дымка.	4,0

44	22.10.2017	6:00	9:00		-1,8	-2,0	746,0	99	В	2		Туман.	0,5
45	23.10.2017	6:00	9:00		-6,5	-7,2	748,5	95	ЗЮЗ	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
46	28.10.2017	6:00	9:00		1,1	0,9	739,9	99	З	3	100%.	Туман.	0,5
47	30.10.2017	6:00	12:00	6	2,3	1,8	732,3	97	Ю	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
48	03.11.2017	03.11.2017 21:00	04.11.2017 12:00	15	0,5	-0,1	741,4	96	СВ	1	100%.	Дымка.	4,0
49	06.11.2017	9:00	12:00		-0,2	-1,2	756,6	93	З	2	90%	Дымка.	4,0
50	09.11.2017	9:00	18:00	9	-2,1	-2,7	758,4	96	ВСВ	1	100%.	Дымка.	4,0
51	10.11.2017	15:00	18:00		-2,2	-3,4	754,1	92	ЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
52	11.11.2017	11.11.2017 18:00	12.11.2017 6:00	12	1,1	0,4	749,8	95	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
53	13.11.2017	0:00	6:00	6	4,5	3,4	744,7	93	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
54	21.11.2017	0:00	3:00		3,9	2,6	742,9	91	Ю	4	100%.	Дымка.	4,0
55	22.11.2017	15:00	18:00		3,4	2,2	735,8	92	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
56	23.11.2017	0:00	3:00		2,5	2,2	736,1	98	Ю	1	100%.	Дымка.	1,0
57	23.11.2017	18:00	0:00	6	1,5	1,2	743,6	98	З	1	100%.	Туман.	0,5
58	27.11.2017	6:00	12:00	6	-7,7	-8,5	758,1	94	ЗЮЗ	1	100%.	Дымка.	1,0
59	28.11.2017	28.11.2017 3:00	29.11.2017 15:00	36	-8,7	-9,5	757,7	94	ЮЮВ	1	100%.	Дымка.	1,0
60	10.12.2017	6:00	9:00		-3,1	-3,9	749,2	94	ЮВ	2	100%.	Дымка.	4,0
61	11.12.2017	0:00	9:00	9	-1,4	-2,1	748,9	95	ЮЮВ	4	100%.	Дымка.	4,0
62	12.12.2017	12.12.2017 21:00	13.12.2017 21:00	24	1,0	0,6	749,4	97	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
63	14.12.2017	12:00	15:00		3,5	2,1	749,0	91	ЮЮЗ	5	100%.	Дымка.	4,0
64	21.12.2017	0:00	6:00	6	-6,2	-6,8	759,4	96	ЮЮВ	1	100%.	Дымка.	1,0
65	27.12.2017	9:00	18:00	9	1,4	0,7	743,5	95	З	3	100%.	Дымка.	4,0
66	28.12.2017	28.12.2017 12:00	29.12.2017 3:00	15	2,8	2,5	745,9	98	ЗЮЗ	2	100%.	Туман.	0,5
67	29.12.2017	15:00	18:00		1,5	0,5	753,7	93	ЮЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
68	30.12.2017	0:00	3:00		0,0	-0,7	754,3	95	Ю	4	100%.	Дымка.	4,0
69	31.12.2017	0:00	6:00	6	-0,7	-1,2	750,8	96	ЮЮВ	4	100%.	Дымка.	4,0
70	02.01.2018	02.01.2018 6:00	04.01.2018 9:00	51	-2,3	-2,9	749,6	96	ЮЮЗ	1	100%.	Туман.	4,0
71	07.01.2018	6:00	9:00		-4,0	-4,6	748,4	96	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
72	22.01.2018	12:00	18:00	6	-5,2	-7,4	748,3	85	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0

73	23.01.2018	3:00	9:00	6	-6,1	-6,8	750,1	95	ВЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
74	26.01.2018	15:00	21:00	6	-10,5	-13,1	766,1	81	ЮЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
75	07.02.2018	6:00	21:00	15	-9,2	-10,0	761,8	94	ЮЮВ	4	100%.	Дымка.	4,0
76	08.02.2018	0:00	6:00	6	-7,3	-9,1	762,6	87	Ю	3	100%.	Дымка.	4,0
77	14.02.2018	9:00	12:00		-15,3	-16,4	757,3	91	ЮЮВ	1	40%.	Дымка.	4,0
78	15.02.2018	9:00	12:00		-14,3	-15,5	762,1	91	ЮЮВ	2	100%.	Дымка.	4,0
79	16.02.2018	6:00	12:00	6	-10,9	-12,6	763,9	87	ЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
80	24.02.2018	6:00	12:00	6	-22,7	-24,2	753,2	85	ВЮВ	1	70 – 80%.	Туман.	10,0
81	20.03.2018	6:00	12:00	6	-19,5	-21,0	746,5	88	З	1	Облаков нет.	Туман.	0,5
82	22.03.2018	6:00	9:00		-7,8	-8,8	735,5	93	СЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
83	23.03.2018	9:00	12:00		-6,6	-7,3	741,0	95	З	3	100%.	Туман.	0,5
84	25.03.2018	6:00	12:00	6	-13,9	-10,9	742,5	93	ЗСЗ	1	40%.	Туман.	2,0
85	01.04.2018	18:00	21:00		2,7	1,9	748,2	95	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
86	04.04.2018	0:00	9:00	9	1,4	1,0	744,9	97	ЮВ	2	100%.	Дымка.	4,0
87	17.04.2018	6:00	9:00		3,7	0,2	747,7	78	ЗСЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
88	18.04.2018	6:00	9:00		5,0	4,1	746,0	94	ВЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
89	20.04.2018	6:00	9:00		6,4	5,8	735,1	96	ВСВ	2	100%.	Дымка.	4,0
90	22.04.2018	6:00	9:00		7,6	6,7	725,2	94	ЗСЗ	4	70 – 80%.	Дымка.	4,0
91	26.04.2018	0:00	3:00		7,4	6,6	741,7	95	ЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
92	13.05.2018	3:00	9:00	6	7,0	6,4	749,7	96	ЗЮЗ	1	20–30%.	Дымка.	4,0
93	14.06.2018	3:00	6:00		14,4	13,9	741,7	97	Штиль	0	100%.	Туман.	0,2
94	22.07.2018	6:00	9:00		19,4	18,0	741,0	92	В	2	100%.	Дымка.	4,0
95	08.09.2018	9:00	15:00	6	15,4	6,7	752,3	56	В	2	Облаков нет.	Дымка.	10,0
96	03.10.2018	21:00	0:00		12,8	11,6	739,3	92	Ю	3	60%.	Дымка.	4,0
97	06.10.2018	21:00	0:00		8,4	7,3	750,6	93	З	4	100%.	Дымка.	4,0
98	07.10.2018	0:00	3:00		9,9	9,4	750,1	97	З	3	100%.	Дымка.	4,0
99	10.10.2018	3:00	9:00	6	7,8	6,7	754,2	93	ВСВ	1	100%.	Дымка.	4,0
100	15.10.2018	15.10.2018 6:00	16.10.2018 9:00	27	9,0	8,6	753,1	97	З	3		Туман.	0,1
101	18.10.2018	3:00	12:00	9	2,8	2,3	754,3	97	Штиль	0	Облаков нет.	Туман.	0,2

102	19.10.2018	0:00	9:00	9	6,1	5,0	751,8	93	3	2	Облаков нет.	Дымка.	4,0
103	22.10.2018	6:00	9:00		0,0	-0,3	754,3	98	В	2	Облаков нет.	Дымка.	4,0
104	23.10.2018	23.10.2018 21:00	24.10.2018 3:00	6	6,4	5,2	738,7	92	3С3	3	100%.	Дымка.	4,0
105	26.10.2018	6:00	9:00		4,4	3,5	730,1	94	3	3	100%.	Дымка.	4,0
106	04.11.2018	15:00	18:00		6,1	5,6	750,4	97	3С3	3	100%.	Дымка.	4,0
107	07.11.2018	12:00	21:00	9	1,1	0,2	755,8	94	С3	2	100%.	Дымка.	4,0
108	08.11.2018	9:00	15:00	6	0,6	-0,8	751,7	90	3С3	3	100%.	Дымка.	4,0
109	09.11.2018	09.11.2018 18:00	10.11.2018 9:00	15	2,4	1,4	753,4	93	В	1	90%	Дымка.	4,0
110	19.11.2018	19.11.2018 18:00	20.11.2018 3:00	9	0,5	-1,9	755,2	84	ССВ	1	100%.	Дымка.	4,0
111	20.11.2018	12:00	18:00	6	0,3	-0,5	752,9	94	ВСВ	2	100%.	Дымка.	4,0
112	25.11.2018	9:00	12:00		-5,1	-6,3	744,9	91	3	4	100%.	Дымка.	4,0
113	26.11.2018	26.11.2018 6:00	27.11.2018 9:00	27	-5,3	-6,5	743,9	91	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
114	30.11.2018	30.11.2018 9:00	01.12.2018 3:00	18	-11,3	-11,6	768,7	98	ЗЮЗ	1	100%.	Туман.	0,5
115	03.12.2018	6:00	12:00	6	-5,2	-6,2	752,8	93	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
116	04.12.2018	6:00	9:00		-5,9	-6,9	755,9	93	ЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
117	05.12.2018	05.12.2018 21:00	06.12.2018 3:00	6	-4,4	-5,6	754,0	91	ЮЮВ	2	70 – 80%.	Дымка.	4,0
118	09.12.2018	09.12.2018 12:00	10.12.2018 3:00	15	-4,7	-6,4	747,7	88	3	2	100%.	Дымка.	4,0
119	11.12.2018	6:00	9:00		-3,9	-4,8	749,1	94	ЮЮВ	6	100%.	Дымка.	4,0
120	14.12.2018	0:00	12:00	12	-3,3	-4,3	749,0	93	ВСВ	2	100%.	Дымка.	1,0
121	18.12.2018	6:00	18:00	12	-7,2	-8,0	761,6	94	В	1	100%.	Дымка.	4,0
122	22.12.2018	12:00	15:00		-11,4	-12,5	751,6	92	ЮЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
123	22.12.2018	18:00	21:00		-11,8	-13,4	749,9	88	ЮЮВ	3	70 – 80%.	Дымка.	4,0
124	23.12.2018	3:00	6:00		-13,1	-14,8	748,7	87	Ю	3	70 – 80%.	Дымка.	4,0
125	27.12.2018	6:00	9:00		-4,8	-5,4	738,4	96	ЗЮЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
126	28.12.2018	6:00	9:00		-7,1	-8,3	739,8	91	С	2	100%.	Дымка.	4,0
127	28.12.2018	12:00	15:00		-8,3	-9,3	742,0	93	С	2	60%.	Дымка.	4,0
128	28.12.2018	18:00	21:00		-11,6	-12,8	744,1	91	3С3	2	100%.	Дымка.	4,0
129	29.12.2018	0:00	3:00		-11,9	-13,1	745,9	91	С3	2	20–30%.	Дымка.	4,0
130	29.12.2018	18:00	21:00		-13,7	-14,0	749,9	98	3	1	60%.	Дымка.	4,0

131	30.12.2018	0:00	15:00	15	-12,6	-13,9	751,2	90	3	1	100%.	Дымка.	4,0
132	31.12.2018	0:00	3:00		-13,2	-14,0	754,9	94	Штиль	0	100%.	Дымка.	4,0
133	31.12.2018	6:00	9:00		-12,8	-13,6	755,5	94	3	2	100%.	Дымка.	4,0
134	03.01.2019	9:00	21:00	12	-6,6	-7,7	751,2	92	ЮЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
135	04.01.2019	18:00	0:00	6	-6,3	-7,5	747,1	91	ЮЮВ	2	100%.	Дымка.	4,0
136	08.01.2019	6:00	9:00		-12,6	-13,5	749,2	93	3	3	100%.	Дымка.	4,0
137	09.01.2019	09.01.2019 0:00	10.01.2019 15:00	39	-10,8	-20,4	750,6	89	3	3	100%.	Дымка.	4,0
138	12.01.2019	12.01.2019 18:00	13.01.2019 3:00	9	-8,2	-9,3	733,0	92	ЗСЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
139	13.01.2019	0:00	3:00		-13,2	-14,2	734,7	92	3	5	50%.	Дымка.	4,0
140	14.01.2019	3:00	12:00	9	-7,8	-8,6	737,2	94	ЮЮЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
141	17.01.2019	0:00	3:00		-9,9	-10,8	737,2	93	3	3	50%.	Дымка.	4,0
142	17.01.2019	6:00	9:00		-6,8	-7,5	740,5	95	ЗСЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
143	18.01.2019	18.01.2019 21:00	19.01.2019 15:00	18	-2,1	-2,5	742,9	97	ЗЮЗ	4	100%.	Дымка.	4,0
144	22.01.2019	3:00	9:00	6	-10,3	-10,6	742,5	98	ЗСЗ	3	20–30%.	Дымка.	4,0
145	23.01.2019	21:00	0:00		-23,5	-25,6	754,9	83	ЮЮЗ	1	70 – 80%.	Дымка.	1,0
146	25.01.2019	3:00	6:00		-19,2	-20,8	744,9	87	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
147	31.01.2019	9:00	12:00		-7,7	-8,7	752,8	93	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
148	01.02.2019	01.02.2019 3:00	06.02.2019 6:00	147	-9,8	-15,3	755,1	91	3	2	100%.	Дымка.	4,0
149	07.02.2019	6:00	9:00		-3,8	-4,4	744,7	96	ЮЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
150	07.02.2019	15:00	18:00		-1,7	-2,8	744,7	92	СЗ	5	100%.	Дымка.	10,0
151	08.02.2019	08.02.2019 21:00	09.02.2019 9:00	12	-9,1	-10,2	754,6	92	3	2	Облаков нет.	Туман.	4,0
152	15.02.2019	15.02.2019 21:00	16.02.2019 6:00	9	-2,6	-3,0	741,1	97	3	4	100%.	Дымка.	4,0
153	17.02.2019	9:00	15:00	6	-4,6	-4,9	736,3	98	3	5	100%.	Туман.	1,0
154	21.02.2019	12:00	15:00		0,8	0,4	735,0	97	ЮЗ	5	100%.	Дымка.	4,0
155	25.02.2019	3:00	9:00	6	-9,5	-10,3	747,8	94	3	4	100%.	Дымка.	4,0
156	27.02.2019	0:00	6:00	6	-0,3	-1,6	737,3	91	ВСВ	1	100%.	Дымка.	4,0
157	27.02.2019	21:00	0:00		-1,9	-2,6	738,2	95	3	2	100%.	Дымка.	4,0
158	28.02.2019	6:00	15:00	9	-3,4	-4,4	733,5	93	3	4	100%.	Дымка.	4,0
159	05.03.2019	3:00	9:00	6	-2,6	-3,0	736,6	97	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0

160	05.03.2019	18:00	21:00		2,0	1,7	734,2	98	ЮЮЗ	2	90%	Дымка.	4,0
161	06.03.2019	9:00	12:00		1,2	0,4	733,3	94	З	6	100%.	Дымка.	4,0
162	10.03.2019	10.03.2019 3:00	11.03.2019 0:00	45	0,5	-0,2	743,5	95	ЗЮЗ	1	100%.	Туман.	4,0
163	14.03.2019	3:00	9:00	6	-8,2	-8,8	744,4	96	З	2	20–30%.	Дымка.	4,0
164	15.03.2019	6:00	12:00	6	-13,7	-14,6	752,1	93	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
165	18.03.2019	3:00	12:00	9	0,3	-0,2	750,2	96	ВЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
166	18.03.2019	18.03.2019 21:00	19.03.2019 21:00	24	-3,5	-3,7	755,5	99	З	2	100%.	Туман.	0,5
167	20.03.2019	9:00	12:00		-3,2	-3,5	754,2	98	ЗЮЗ	1	70 – 80%.	Дымка.	4,0
168	21.03.2019	21.03.2019 21:00	22.03.2019 12:00	15	0,5	-0,3	748,7	94	ЗЮЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
169	23.03.2019	0:00	9:00	9	-0,6	-1,9	741,9	91	ЮЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
170	24.03.2019	0:00	6:00	6	0,4	-0,7	747,4	92	ЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
171	25.03.2019	6:00	9:00		-1,9	-2,8	735,9	94	СЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
172	26.03.2019	26.03.2019 21:00	27.03.2019 12:00	15	1,3	0,1	742,5	92	З	4	100%.	Дымка.	4,0
173	27.03.2019	27.03.2019 21:00	28.03.2019 6:00	9	0,5	0,2	745,3	98	СЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
174	31.03.2019	0:00	9:00	9	1,5	1,0	745,6	97	ЗСЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
175	05.04.2019	3:00	6:00		0,6	0,3	748,0	98	ВЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
176	06.04.2019	3:00	6:00		-0,2	-0,5	752,9	98	ЮЮВ	2	100%.	Дымка.	4,0
177	07.04.2019	0:00	15:00	15	0,7	0,6	752,5	99	Штиль	0		Туман.	0,2
178	08.04.2019	3:00	9:00	6	-3,8	-4,2	751,9	97	ЮЗ	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
179	09.04.2019	0:00	9:00	9	2,6	2,1	749,8	97	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
180	06.05.2019	3:00	9:00	6	9,8	8,5	747,2	92	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
181	07.05.2019	0:00	9:00	9	12,6	11,5	741,7	96	ВСВ	1	100%.	Туман.	0,5
182	08.05.2019	3:00	9:00	6	10,0	9,6	744,3	97	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
183	27.05.2019	6:00	9:00		15,5	14,8	739,1	96	З	2	100%.	Дымка.	4,0
184	29.05.2019	3:00	6:00		12,5	12,1	750,4	97	Штиль	0	40%.	Дымка.	4,0
185	30.05.2019	3:00	6:00		14,7	12,9	751,4	89	СЗ	1	10%	Дымка.	10,0
186	01.06.2019	21:00	0:00		18,9	18,4	746,5	97	СЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
187	02.06.2019	6:00	9:00		16,2	15,9	748,8	98	СВ	2	50%.	Дымка.	4,0
188	19.06.2019	3:00	9:00	6	14,7	14,3	743,5	97	ЗЮЗ	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0

189	30.06.2019	3:00	9:00	6	8,0	7,7	739,2	98	З	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
190	08.07.2019	6:00	9:00		15,1	14,6	738,7	97	ЮЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
191	12.07.2019	3:00	6:00		12,9	11,1	738,8	89	ВЮВ	1	20–30%.	Дымка.	4,0
192	13.07.2019	3:00	6:00		11,4	11,2	739,0	99	Штиль	0	20–30%.	Дымка.	10,0
193	18.07.2019	3:00	6:00		16,4	16,2	738,8	99	Штиль	0	100%.	Дымка.	4,0
194	01.08.2019	6:00	9:00		9,3	8,7	734,4	96	ЗСЗ	5	100%.	Дымка.	4,0
195	04.08.2019	3:00	6:00		9,5	9,3	737,7	99	ЮЗ	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
196	08.08.2019	08.08.2019 21:00	09.08.2019 3:00	6	16,6	16,2	743,2	98	ВЮВ	1	90%	Дымка.	4,0
197	11.08.2019	6:00	9:00		11,7	11,5	737,8	99	ЗЮЗ	1	100%.	Дымка.	1,0
198	15.08.2019	6:00	9:00		15,0	14,8	745,9	99	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
199	17.08.2019	9:00	12:00		19,7	19,4	744,4	98	В	2	100%.	Дымка.	4,0
200	22.08.2019	0:00	9:00	9	16,5	15,1	751,6	92	В	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
201	26.08.2019	6:00	9:00		11,2	10,7	755,3	97	ССВ	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
202	02.09.2019	9:00	12:00		14,3	13,8	745,8	97	З	1	100%.	Дымка.	4,0
203	02.09.2019	02.09.2019 21:00	03.09.2019 9:00	12	11,7	11,5	746,2	99	ЗЮЗ	1	20–30%.	Туман.	4,0
204	04.09.2019	6:00	9:00		4,9	4,7	748,3	99	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
205	05.09.2019	3:00	12:00	9	5,4	5,2	749,0	99	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
206	06.09.2019	3:00	6:00		8,7	7,4	750,3	92	Штиль	0	100%.	Дымка.	4,0
207	07.09.2019	9:00	12:00		9,4	8,9	748,0	98	ССВ	1,76	40%.	Дымка.	3,7
208	08.09.2019	3:00	9:00	6	9,3	8,7	754,4	96	Штиль	0	Облаков нет.	Дымка.	4,0
209	09.09.2019	6:00	9:00		8,4	8,1	757,5	98	ВСВ	1	20–30%.	Дымка.	4,0
210	10.09.2019	6:00	9:00		8,5	6,5	757,6	87	Штиль	0	70 – 80%.	Дымка.	4,0
211	11.09.2019	3:00	9:00	6	10,9	10,7	758,5	99	В	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
212	15.09.2019	3:00	9:00	6	11,8	11,5	745,6	98	З	2	100%.	Дымка.	4,0
213	19.09.2019	6:00	9:00		5,7	5,5	732,6	99	ЗСЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
214	21.09.2019	6:00	12:00	6	5,8	5,6	743,6	99	З	1	100%.	Дымка.	4,0
215	21.09.2019	21:00	0:00		6,2	5,6	742,2	96	ЗСЗ	2	70 – 80%.	Дымка.	4,0
216	22.09.2019	6:00	12:00	6	0,2	0,1	739,4	99	ЮЮЗ	1	90%	Дымка.	4,0
217	22.09.2019	21:00	0:00		3,8	2,8	731,1	93	З	2	40%.	Дымка.	4,0

218	24.09.2019	0:00	9:00	9	1,3	1,1	745,3	99	ЮЗ	2	50%.	Дымка.	4,0
219	26.09.2019	6:00	9:00		1,9	1,2	749,3	95	ЗЮЗ	1	90%	Дымка.	4,0
220	27.09.2019	18:00	21:00		7,7	7,0	745,5	95	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
221	28.09.2019	0:00	9:00	9	5,3	5,1	745,6	99	ЮЗ	3	100%.	Туман.	4,0
222	02.10.2019	3:00	9:00	6	12,0		740,5		ЗЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
223	04.10.2019	3:00	21:00	18	11,5	11,2	746,2	98	Ю	1	50%.	Дымка.	4,0
224	06.10.2019	3:00	6:00		10,3	10,1	740,3	99	В	2	100%.	Дымка.	4,0
225	07.10.2019	9:00	12:00		6,1	5,8	736,9	98	ЗСЗ	4	100%.	Дымка.	4,0
226	07.10.2019	21:00	0:00		3,1	0,6	744,7	84	З	4	100%.	Дымка.	4,0
227	09.10.2019	0:00	12:00	12	3,8	3,7	746,9	99	ЗСЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
228	11.10.2019	11.10.2019 21:00	12.10.2019 12:00	15	9,1	8,9	745,3	99	Штиль	0	90%	Дымка.	4,0
229	20.10.2019	20.10.2019 3:00	21.10.2019 9:00	30	3,6	3,4	754,4	99	Штиль	0	40%.	Туман.	4,0
230	23.10.2019	3:00	12:00	9	1,1	1,0	751,0	99	З	1	20–30%.	Дымка.	4,0
231	23.10.2019	23.10.2019 21.00	24.10.2019 12.00	15	11,1	10,9	747,9	99	ЗЮЗ	2	100%.	Туман.	1,0
232	25.10.2019	3:00	9:00	6	8,1	7,8	751,0	98	Штиль	0	100%.	Дымка.	4,0
233	26.10.2019	26.10.2019 3:00	27.10.2019 12:00	33	9,6	9,4	751,3	99	ЗЮЗ	1	100%.	Туман.	4,0
234	28.10.2019	6:00	15:00	9	7,8	6,5	736,7	92	ЗЮЗ	5	90%	Дымка.	4,0
235	29.10.2019	6:00	9:00		-2,0	-2,8	745,1	94	ЗЮЗ	1	Облаков нет.	Дымка.	4,0
236	06.11.2019	6:00	15:00	9	9,4	9,2	742,6	99	ЗЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
237	08.11.2019	08.11.2019 18:00	09.11.2019 15:00	21	4,6	4,4	749,5	99	ССВ	2	100%.	Дымка.	4,0
238	09.11.2019	09.11.2019 21:00	10.11.2019 9:00	12	-0,6	-0,8	759,0	99	ЮВ	3	100%.	Дымка.	4,0
239	10.11.2019	15:00	18:00		1,4	1,2	757,7	99	ЮЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
240	11.11.2019	3:00	12:00	9	2,4	2,2	756,0	99	ВЮВ	1	100%.	Дымка.	4,0
241	11.11.2019	15:00	18:00		3,2	2,7	752,5	97	ЮЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
242	12.11.2019	12.11.2019 0:00	13.11.2019 3:00	27	1,3	1,2	750,4	99	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
243	13.11.2019	13.11.2019 21:00	16.11.2019 9:00	60	-2,2	-2,2	759,6	100	Штиль	0	Облаков нет.	Туман.	4,0
244	17.11.2019	3:00	6:00		-1,0	-2,4	760,3	90	З	4	100%.	Дымка.	4,0
245	17.11.2019	9:00	12:00		0,6	-1,1	760,4	89	ЮЗ	4	100%.	Дымка.	4,0
246	18.11.2019	3:00	12:00	9	1,0	0,4	758,9	96	ЗЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0

247	19.11.2019	9:00	0:00	15	3,1	2,1	756,9	93	СВ	1	100%.	Дымка.	4,0
248	01.12.2019	15:00	18:00		0,9	0,0	739,0	94	ЗСЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
249	02.12.2019	15:00	0:00	9	-7,4	-7,9	750,6	96	ЗЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
250	03.12.2019	3:00	6:00		-5,1	-5,8	748,9	95	Ю	2	100%.	Дымка.	4,0
251	04.12.2019	6:00	9:00		-7,2	-7,9	740,9	95	С	1	70 – 80%.	Дымка.	4,0
252	09.12.2019	6:00	15:00	9	0,5	-0,1	746,2	96	ЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
253	10.12.2019	0:00	21:00	21	0,5	-0,1	747,9	96	ЮЗ	4	100%.	Дымка.	4,0
254	11.12.2019	3:00	15:00	12	-2,8	-2,9	749,5	99	ЮЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
255	12.12.2019	0:00	6:00	6	1,0	0,8	751,4	99	ЗСЗ	1	100%.	Дымка.	4,0
256	16.12.2019	15:00	21:00	6	-0,2	-0,4	746,5	99	З	3	100%.	Дымка.	4,0
257	17.12.2019	3:00	9:00	6	0,8	0,4	744,2	97	З	3	100%.	Дымка.	4,0
258	18.12.2019	9:00	12:00		0,5	0,4	746,2	99	ЗСЗ	2	100%.	Дымка.	4,0
259	18.12.2019	15:00	21:00	6	1,1	0,4	747,2	95	З	1	100%.	Дымка.	4,0
260	19.12.2019	0:00	6:00	6	0,9	0,6	744,7	98	ЮЮЗ	3	100%.	Дымка.	4,0
261	19.12.2019	12:00	15:00		2,3	2,0	738,6	98	З	3	100%.	Дымка.	4,0
262	23.12.2019	12:00	15:00		0,6	-0,5	747,8	92	Ю	4	100%.	Дымка.	4,0
263	25.12.2019	9:00	12:00		-10,5	-12,4	746,8	86	В	2	40%.	Дымка.	4,0
264	27.12.2019	21:00	0:00		-6,4	-6,9	742,0	96	С	1	100%.	Дымка.	4,0
265	28.12.2019	6:00	12:00	6	-9,1	-9,9	744,3	94	С	1	60%.	Дымка.	4,0

Синоптические карты.

Рисунок 1 – Туман, образованный в гребне антициклона. 01.12.2018 г.

Приложение С

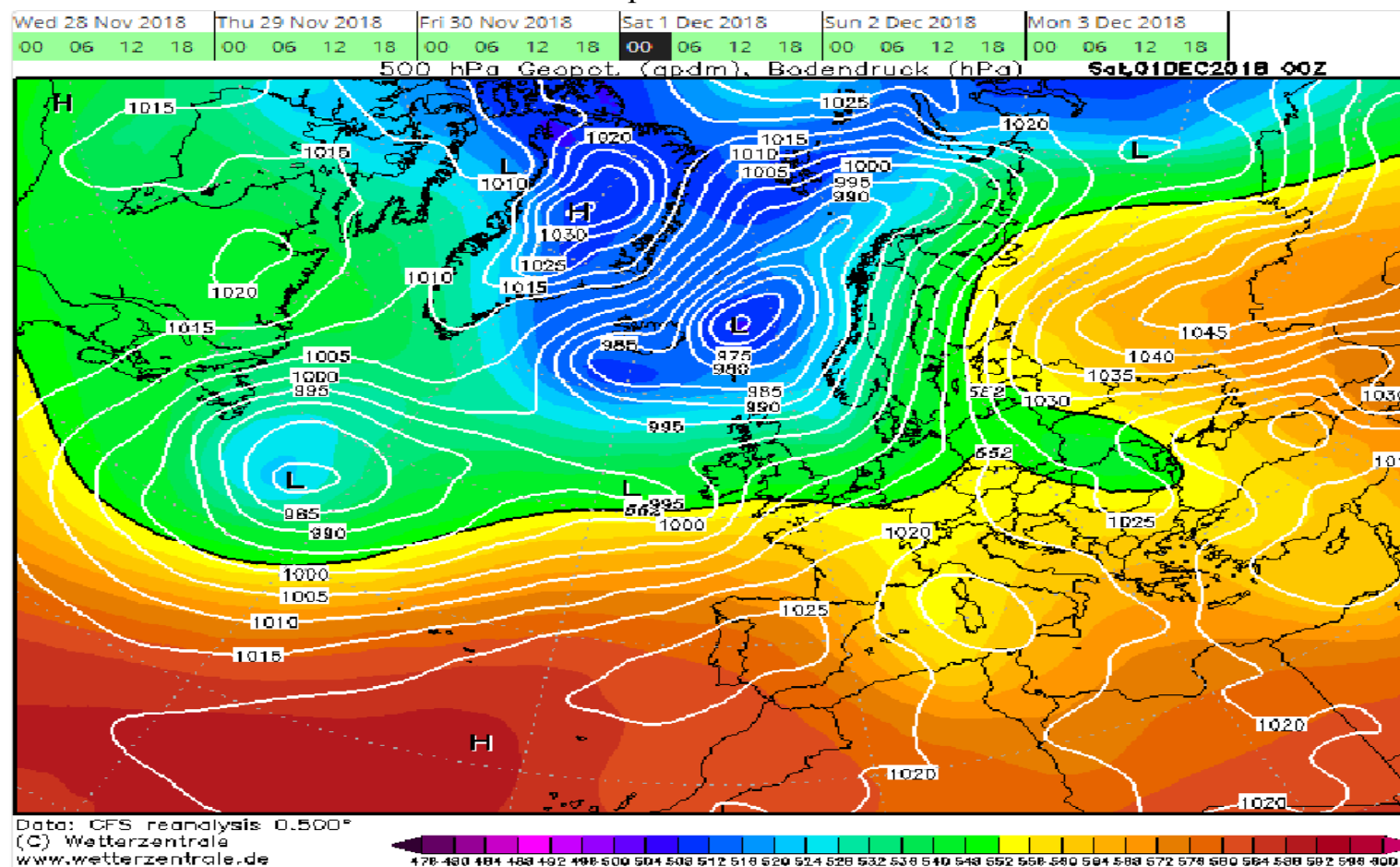


Рисунок 2 – Туман, образованный на юго-восточной периферии антициклона. 14.06.2018 г.

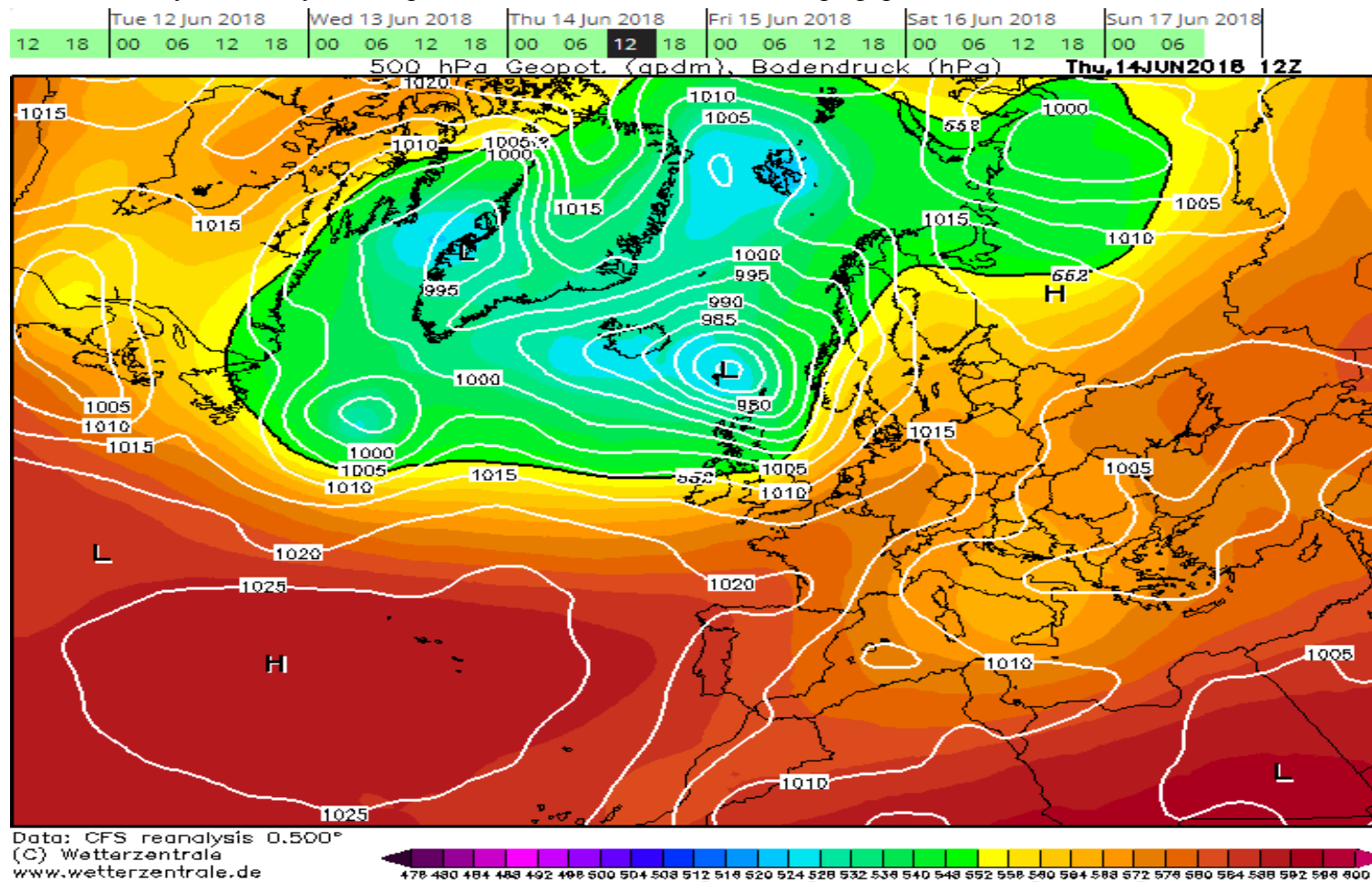
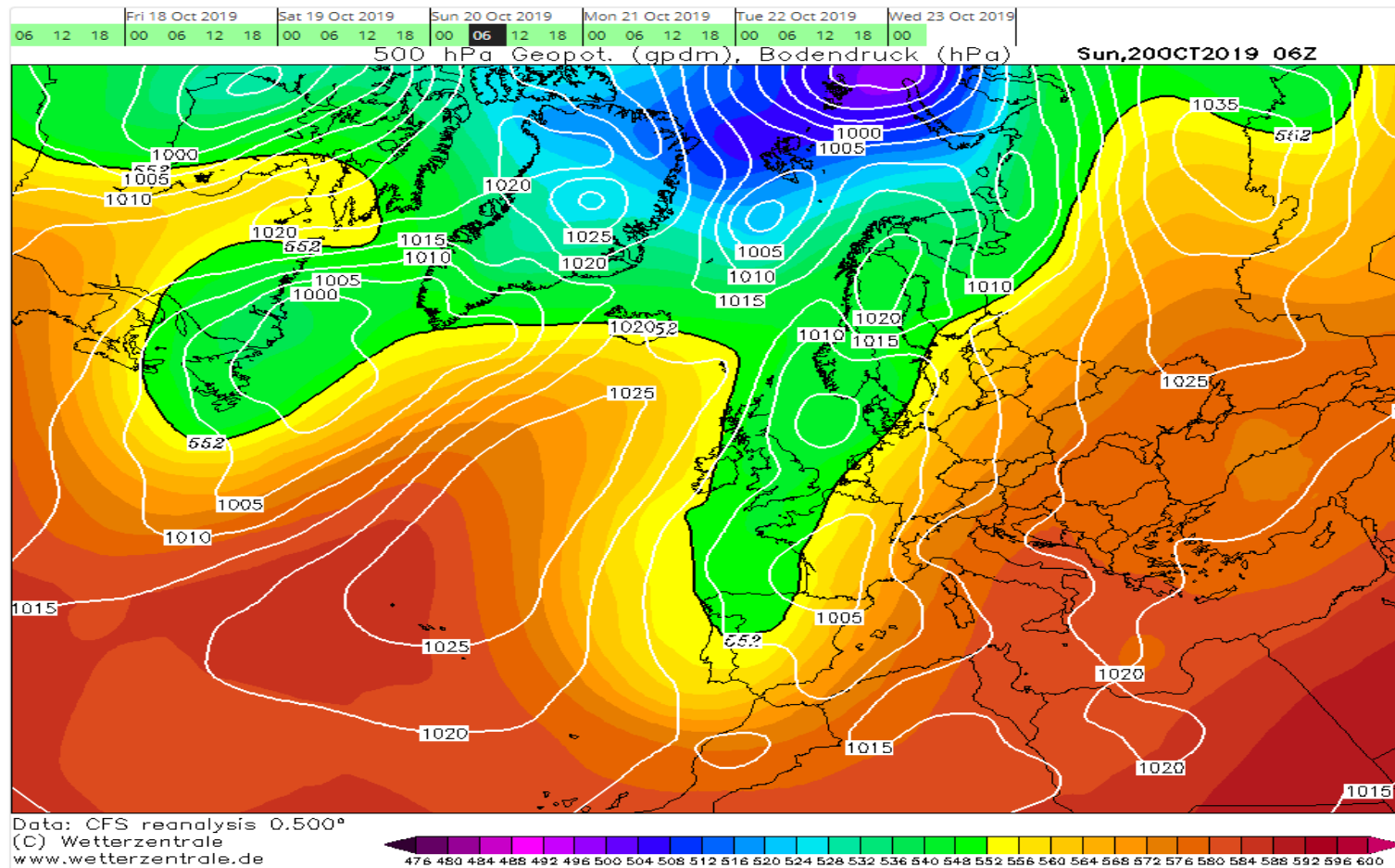


Рисунок 3 – Туман, образованный в малоградиентных полях повышенного давления. 20.10.2019



Приложение D



Рисунок 2 – Климатическая карта.

