



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему **«Изменчивость метеорологических параметров по данным АМС в  
весенний период»**

Исполнитель **Мурин Денис Геннадьевич**  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

**Восканян Карина Левановна**  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор физико-математических наук, профессор  
(ученая степень, ученое звание)

**Кузнецов Анатолий Дмитриевич**  
(фамилия, имя, отчество)

«28» мая 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Сокращения	3
Введение	4
1 База практик в деревне Даймище	6
1.1 Физико-географическое положение	6
1.2 Климат местности	8
2 Учебная база практик в д. Даймище	11
2.1 Расположение базы	11
2.2 Метеорологическое оборудование базы	13
2.2.1 АМК	13
2.2.2 Датчики, входящие в состав комплекса	17
2.2.3 Измерительные каналы комплекса	23
3 Исследование данных АМК и методы обработки	28
3.1 Характеристика и методы обработки исходного материала	28
3.2 Оценка изменчивости метеорологических параметров	30
3.2.1 Изменчивость температуры	30
3.2.3 Изменчивость давления	37
3.2.4 Изменчивость направлений ветра	38
3.3 Взаимосвязь различных метеопараметров друг с другом	39
Заключение	42
Список использованных источников	44

## Сокращения

АМК – Автоматический метеорологический комплекс

АМС – Автоматическая метеорологическая станция

ПЭВМ – Персональная электронно-вычислительная машина

ЭФА – Экспериментальная физика атмосферы

РГГМУ – Российский государственный гидрометеорологический университет

## Введение

Изменчивость метеорологических характеристик – это изменение таких параметров как температура, влажность, давление, скорость, направление ветра и других в течение какого-либо промежутка времени, дня, месяца, года.

Наблюдать за изменчивостью метеопараметров крайне важно, так как это помогает выявлять зависимости между ними и другими параметрами и явлениями, происходящими в атмосфере.

Поскольку количество функционирующих автоматических станций заметно выросло за последние десять лет, увеличился и объем информации о метеорологических характеристиках. На основе такой информации, поступающей с точек установки станций, появляется возможность составления более точного прогноза для отдельно взятых районов.

В долгосрочной перспективе благодаря известным зависимостям между метеопараметрами и синоптическими процессами можно определять характерные погодные условия для региона, а также выявлять аномалии.

Многолетняя изменчивость различных метеопараметров, полученная с высокой дискретностью с помощью метеорологических станций и комплексов, может послужить базой для обновления существующих климатических характеристик регионов или для создания климатических описаний небольших районных центров.

Цель выпускной работы: исследовать изменчивость метеорологических параметров по данным АМС в весенний период.

Работа будет выполнена на основе данных автоматического метеорологического комплекса АМК, установленного на базе практик РГГМУ в деревне Даймище.

Перед тем, как приступить к выполнению цели работы надо выполнить несколько задач:

- рассмотреть географическое расположение района и его климатические характеристики;
- изучить состав датчиков, входящих в состав автоматического метеорологического комплекса, их характеристики и методы, на которых базируется их работа;
- собрать, подготовить и обработать данные автоматического комплекса для проведения исследования.

## 1 База практик в деревне Даймище

### 1.1 Физико-географическое положение

База практик, с которой были взяты данные для работы, находится в деревне Даймище, которая расположена на берегу реки Оредеж, на территории сельского поселения Рождественское, на юго-западе Гатчинского района Ленинградской области (рис. 1.1).

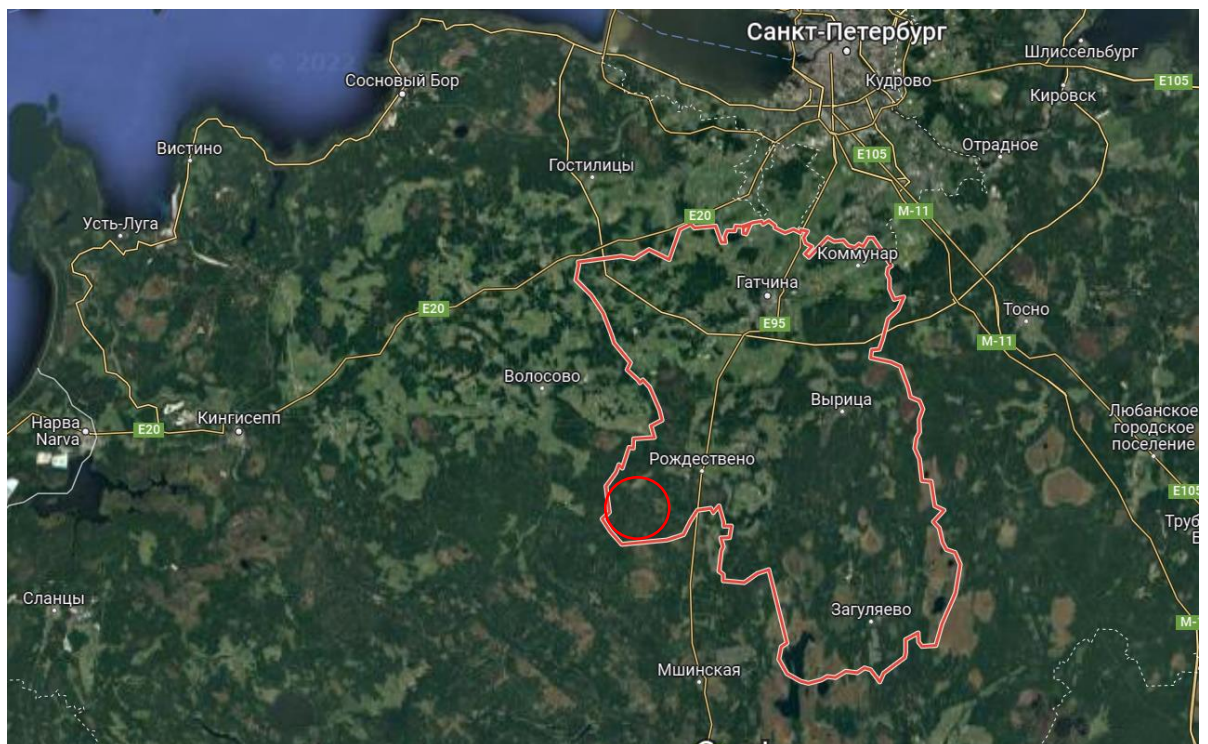


Рисунок 1.1 – Гатчинский район (красным кружком выделен район Рождественского сельского поселения)

Основная часть Гатчинского района располагается на Лужско-Оредежской возвышенности. В основном, рельеф является полого-холмистым. Изменения высот незначительные. Хорошо заметные возвышенности наблюдаются только на северо-западе района, так как туда входит часть

Ижорской возвышенности.[1] В этих местах преобладают краевые моренные холмы и гряды. На северной территории района доминирующими являются отложения ордовикского периода, а на южной — девонского. По большей своей части на их местности господствуют ледниковые отложения четвертичного периода. Но лишь на берегах реки Оредеж породы девонского периода находятся прямо на поверхности (рис. 1.2). В центральной части района имеются месторождения доломитов, а в юго-восточной части формовочного песка.[1]



Рисунок 1.2 – Пещера на берегах реки Оредеж с отложением песчаника девонского периода

Достаточно большая часть территории заболочена, наиболее ярко выражен данный рельеф на юго-восточной части района (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Болото в Гатчинском районе

## 1.2 Климат местности

Климат Гатчинского района атлантико-континентальный. Благодаря воздушным массам, приносимым с моря, зимы достаточно теплые, нередко оттепели, а лето сравнительно теплое, но, иногда, прохладно. Тем не менее, климат района может несколько отличаться от городского, например, зимы в районе могут быть несколько более суровые, а летние месяцы слегка более жаркие. Наименьшая температура, зарегистрированная в Гатчинском районе, составляет  $-44^{\circ}\text{C}$ , а максимальная  $+34^{\circ}\text{C}$ .

Средняя температура января  $-8^{\circ}\text{C}$ , июля  $+17^{\circ}\text{C}$ . На рисунке 1.4 показано распределение средних за месяц температур в течение года для Гатчинского района.[2]



Суммарное годовое количество осадков 650—700 мм, в зимнее время осадки в большей степени представлены в виде снега. Наибольшее количество осадков обычно фиксируют в летние месяцы (табл. 1.1), наименьшее – в период с января по апрель.

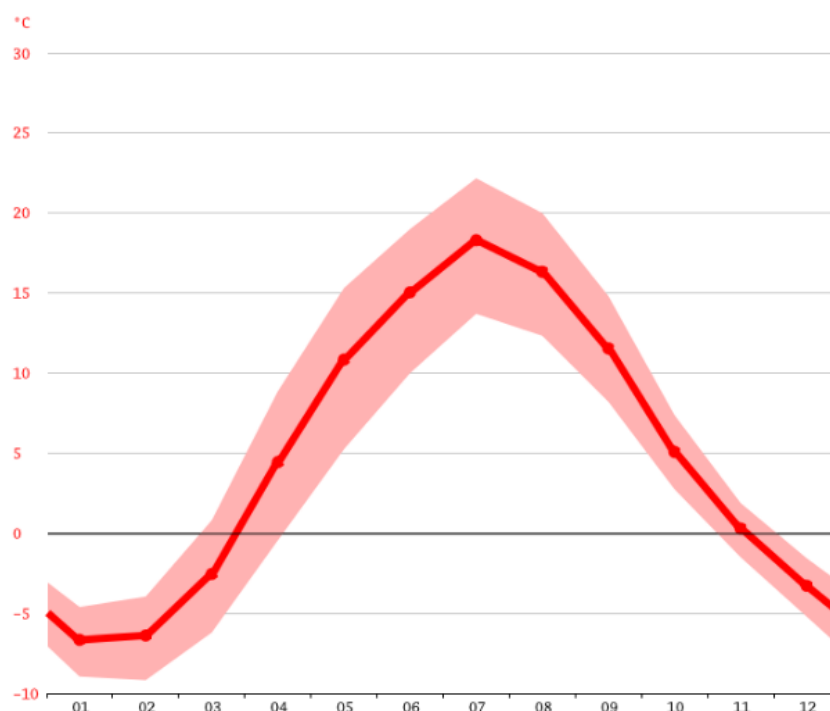


Рисунок 1.4 – распределение среднемесячных температур для Гатчинского района

Таблица 1.1

### Годовое распределение осадков в Гатчинском районе

	Январь	Февраль	март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Норма осадков (мм)	48	39	42	46	61	88	86	88	59	62	59	53
Влажность(%)	88%	84%	80%	71%	65%	68%	73%	76%	80%	86%	88%	87%
Дождливые дни (Д)	10	8	8	7	8	10	10	10	9	10	9	10
длготота дня (часы)	1.1	2.2	5.2	8.4	11.1	12.1	11.1	8.8	5.6	3.0	1.4	1.1

Относительная влажность в районе достаточно высокая и в течение года. Менее влажные месяцы – май, июнь (табл. 1.1), наиболее влажные октябрь-январь (около 90%).

Среднее количество солнечных дней в районе (рис. 1.5) достаточно сильно изменяется в течение года от 12 часов в июне, до 1 часа в декабре. В первую очередь, это связано с широтным расположением района. В весенний и летний периоды тут наблюдаются белые ночи. А в зимние месяцы плотная низкая облачность может закрывать небо в течение нескольких суток.

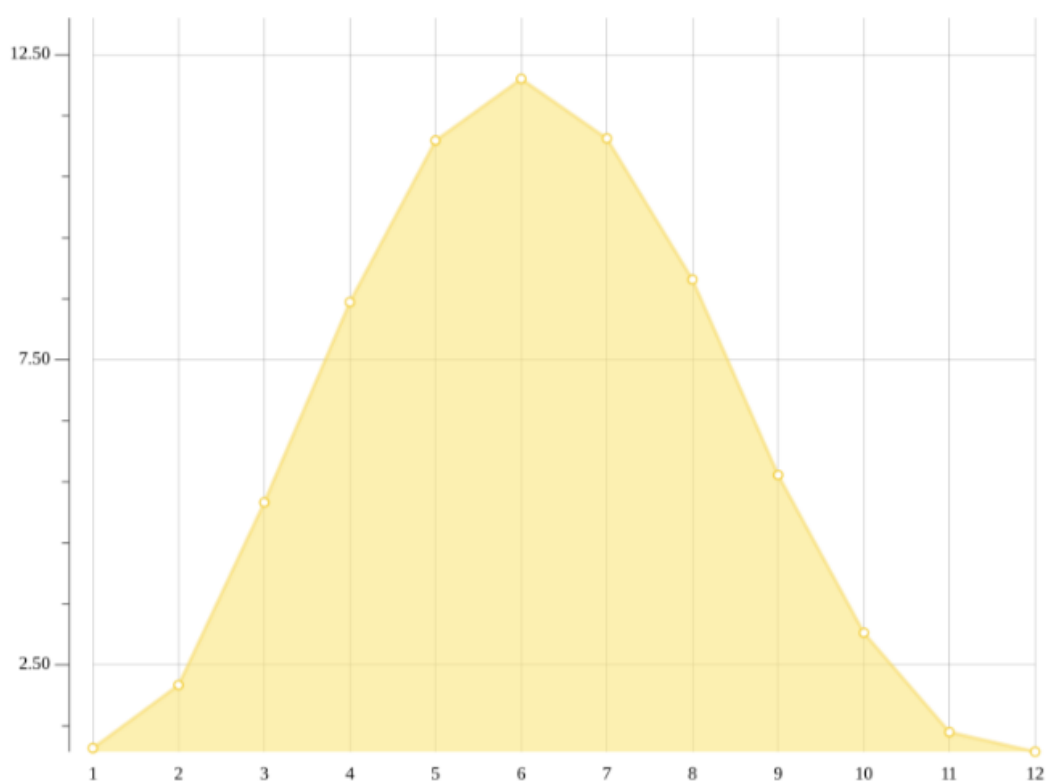


Рисунок 1.5 – Среднее количество солнечных дней в Гатчинском районе

Гатчинский район является территорией, на которой преобладают ветры южных и западных направлений.

## 2 Учебная база практик в д. Даймище

### 2.1 Расположение базы

База практик находится на берегу реки Оредеж, окружена лесом, а также соседствует с деревней Батово (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Учебная база практик Даймище, снимок с квадрокоптера

а) вид на базу, б) вид на метеорологическую площадку

На территории базы, для обучения студентов, установлено профессиональное гидрометеорологическое оборудование, автоматическая гидрологическая станция, геодезический полигон и метеорологическая площадка, оборудованная согласно Наставлениям.[3]

На метеорологических площадках размещены различные метеоприборы, в том числе и автоматический метеорологический комплекс АМК (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Учебная метеорологическая площадка на базе практик в Даймище

## 2.2 Метеорологическое оборудование базы

Как было сказано выше, помимо стандартных метеорологических приборов на метеорологической площадке установлен комплекс АМК, который университет получил в результате реализации программы по модернизации сети Росгидромета.[4]

### 2.2.1 АМК

АМК создан для того, чтобы сделать процесс метеонаблюдений, а также обработку полученных результатов — автоматическими. Комплекс работает непрерывно и круглосуточно в автоматическом режиме. Правда специфика использования комплекса на базе практики имеет некоторые особенности: некоторые датчики консервируют перед наступлением осенне-зимнего сезона, и, соответственно не все метеорологические параметры измеряются автоматически. В полном составе комплекс работает в период прохождения учебных практик студентами метеорологического факультета в летний период (май-июль).

Комплекс дает возможность измерять такие стандартные параметры как температура, влажность, атмосферное давление, скорость и направление ветра, а также количество выпавших осадков.[4]

Согласно правилам эксплуатации комплекса, все результаты измерений параметры должны быть проверены путем сравнения с показаниями стандартных приборов. С обязательным расчетом разницы в измерениях (табл. 2.1).

Комплекс способен сам делать следующие действия, а именно [4]:

- принимать, отображать и архивировать результаты измерительных сигналов, полученных от датчиков, первичных и промежуточных измерительных преобразователей;

- обрабатывать значения метеорологических величин (параметров) введенных посредством ручного ввода;
- контролировать введенную информацию;
- автоматически кодировать состояние погоды в срок и погоды между сроками наблюдений;
- формировать сообщение в заданных кодах;
- автоматически формировать обобщенные значения метеорологических величин.[4]

Таблица 2.1

Предельно допустимая разница в показаниях

Наименование метеорологической характеристики		Предельно допустимая разность значений метеорологических характеристик, ΔX
Атмосферное давление на уровне станции, гПа		± 0,5
Средняя скорость ветра, м/с		± 2
Среднее направление ветра, угловой градус		± 10
Температура воздуха, °С	выше -35,0 °С	± 1,5
	ниже -35,0 °С	± 2
Относительная влажность воздуха, %		± 10
Температура подстилающей поверхности, °С		± 3

Для того, чтобы работа комплекса была качественной и эффективной, для работы применяются высокопроизводительные ПЭВМ. В составе АМК, как и в составе любой современной автоматической станции, три блока — измерительный, вычислительный и связующий.[4]

Измерительный компонент (рис. 2.3) снабжается только теми датчиками и преобразователями, которые одобрены государственными стандартами.[4] Благодаря тому, что станция — это система, собранная из модулей, есть возможность добавлять или убирать датчики в зависимости от потребностей и задач.

Все датчики на станции устанавливаются согласованно с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 3, ч. 1.[3,4]

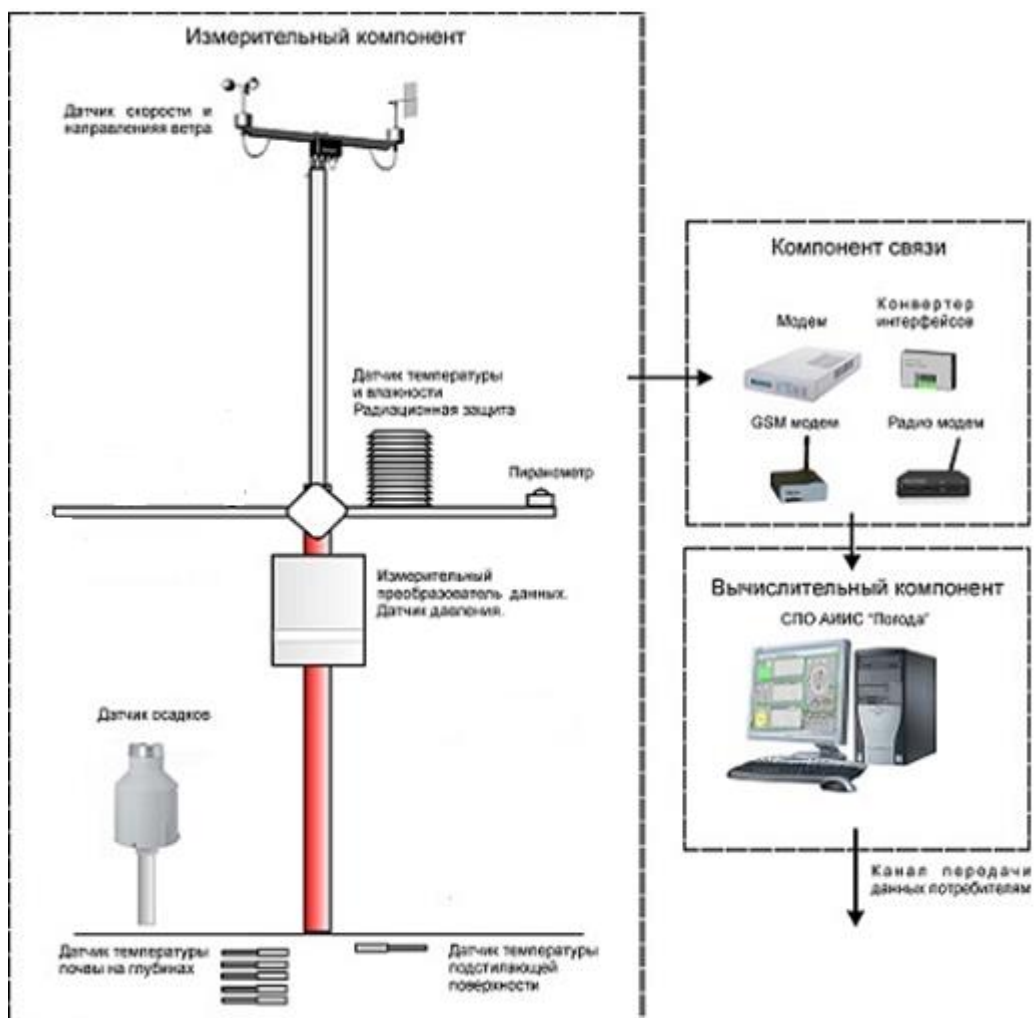


Рисунок 2.3 –Состав АМК

В составе АМК могут быть такие датчики как: датчик параметров ветра; температуры и влажности воздуха; атмосферного давления; температуры поверхности почвы и почвы на глубинах; датчик осадков; а также промежуточные измерительные преобразователи.

Все измерения проводятся дистанционно, а данные передаются по кабелям в центральное устройство (рис. 2.3). При необходимости есть возможность расширить диапазон измерения метеопараметров.

После регистрации системой метеоданных, полученных благодаря датчикам, эта же система начинает обрабатывать и рассчитывать такие параметры как:

- Атмосферное давление, приведенное к уровню моря;
- Средняя скорость ветра за 10 мин;
- Направление ветра среднее за 10 мин;
- Максимальная скорость ветра за 10 мин;
- Максимальная скорость ветра за 3 ч;
- Парциальное давление водяного пара;
- Температура точки росы;

В состав связующего компонента (рис. 2.3) входят средства передачи и преобразования измерительных сигналов: модем, платы, линии связи, адаптер RS-232/485.[4]

В рабочем помещении установлен вычислительный компонент (рис. 2.3) – это мощная высокоэффективная персональная электронно-вычислительная машина, с программами, которые работают на основе операционной системы Windows (рис. 2.4).



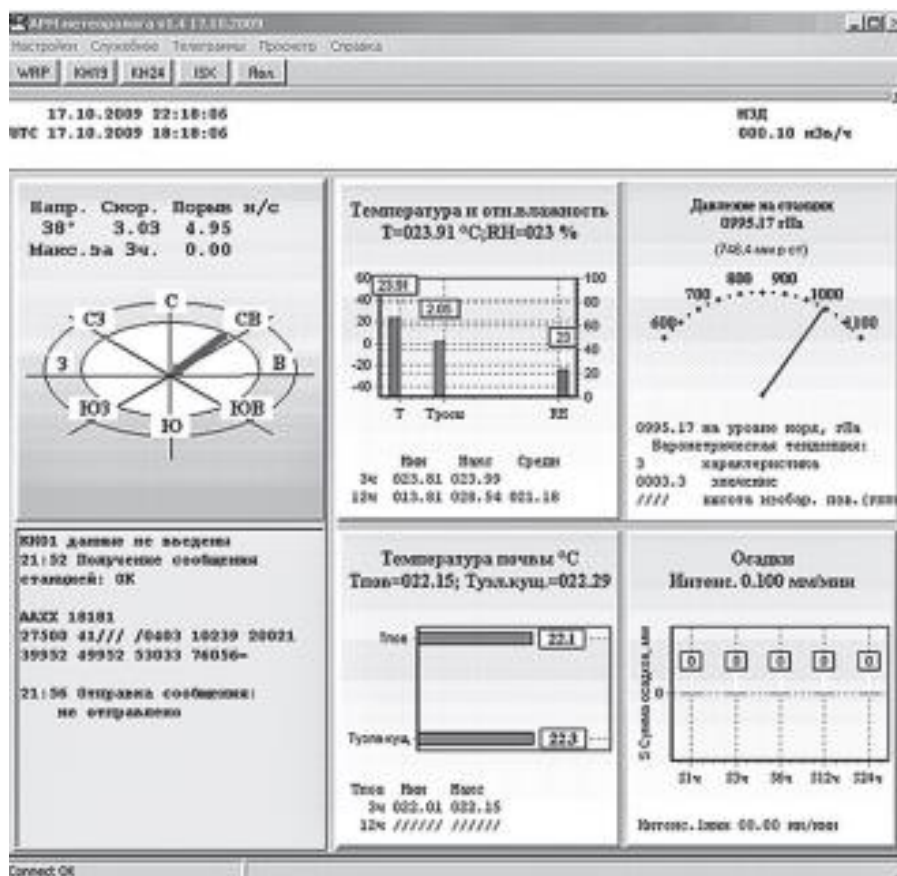


Рисунок 2.4 – Программное обеспечение комплекса

### 2.2.2 Датчики, входящие в состав комплекса

Датчик температуры и относительной влажности воздуха HMP45D (рис. 2.5) разработан для измерения относительной влажности и температуры воздуха. Может быть сопряжен с широким рядом измерительного оборудования, такого как гидрологические станции, регистраторы, блоки управления, дисплеи, самописцы и лабораторное оборудование. Измерение влажности производится с помощью емкостного датчика HUMICAP180, изготовленного из тонкой полимерной пленки.[4]

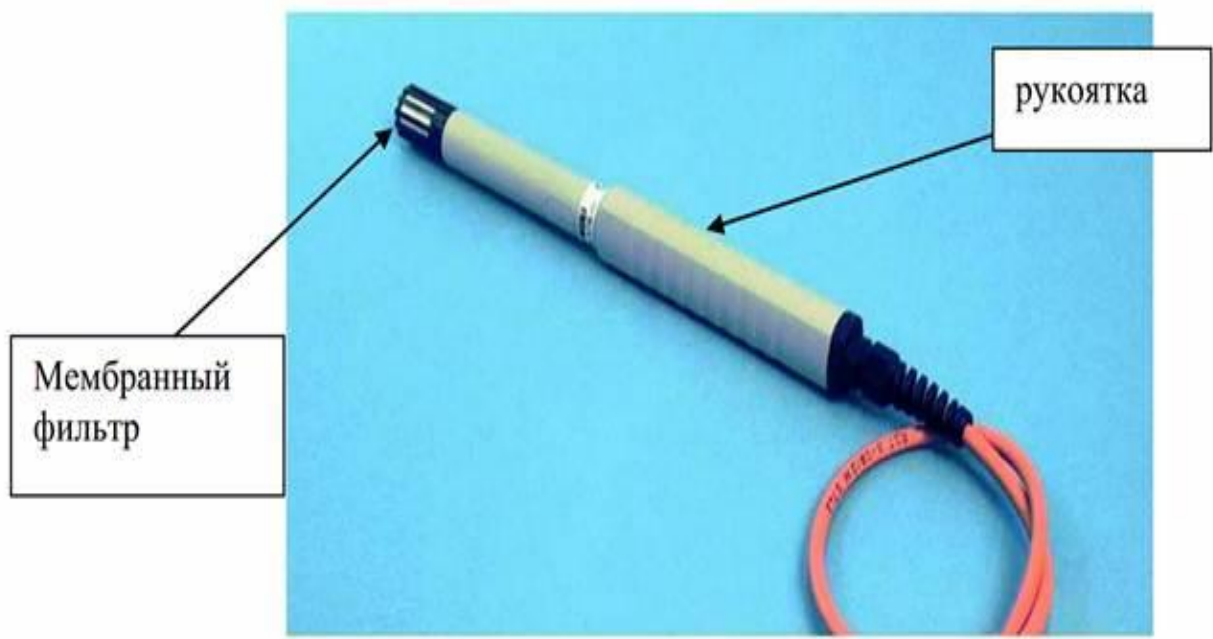


Рисунок 2.5.—Датчик для измерения температуры и относительной влажности воздуха HMP45D

Для минимизации инерционной, радиационной и ветровой погрешности при проведении измерений датчик устанавливают в радиационную защиту

Технические характеристики датчика HMP45D представлены в таблице 2.2.

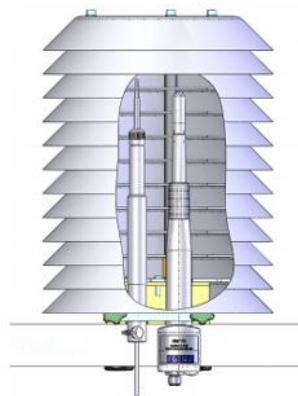


Рисунок 2.6. – Датчик для измерения температуры и относительной влажности воздуха в радиационно-защитном кожухе

## Технические характеристики датчика температуры и влажности HMP45D

Технические характеристики	
Диапазон рабочих температур	-40...+60 °С
Диапазон температур хранения	-40...+80 °С
Напряжение питания	7...35 V DC
Потребляемый ток	< 4 мА
Длина кабеля	3.5 м
Материал корпуса	АБС пластик
Классификация корпуса	IP65

Измеритель атмосферного давления РТВ220 (рис. 2.7) в настоящий момент снят с производства[4], но появились его аналоги. Его технические характеристики представлены в таблице 2.3



Рисунок 2.7 – Датчик для измерения атмосферного давления

## Технические характеристики датчика атмосферного давления РТВ100

Границы измерения	800 ... 1060 гПа
Точность при +20 °С	± 0.3 гПа
Датчик	Vaisala BAROCAP
Температурный диапазон	-40 ... +60 °С (-40 ... +140 °F)
Влажность	0 ... 100 %, отсутствие конденсата
Рабочее напряжение	10...30 В
Сила тока в рабочем режиме	Менее 4 мА
Сила тока в режиме ожидания	Менее 1 мкА
Выходящий сигнал - напряжение	0 ... 5 В
Вес прибора	85 г
Материал корпуса	Алюминий

Система измерения параметров ветра Young Wind Monitor 05103 (рис. 2.8) состоит из датчиков измерения скорости ветра, направления ветра, а также из метеорологической мачты.

Это винт с четырьмя лопастями, частота вращения которого пропорциональна частоте переменного тока, поступающего в контроллер для последующего преобразования в скорость ветра.

В свою очередь угол поворота легкого флюгера преобразуется в напряжение и в дальнейшем – в направление. В комплект входит ориентировочное кольцо, с помощью которого есть возможность снимать и устанавливать измеритель без потери настройки.[4]



Рисунок 2.8 – Датчик для измерения параметров ветра Young Wind Monitor

Его технические характеристики приведены в таблице 2.4

Таблица 2.4

**Технические характеристики датчика для измерения параметров ветра Young Wind Monitor**

Характеристика	Параметры
Диапазон измерений скорости ветра, м/с	0–60
Порывы	до 100
Пределы допускаемой погрешности, м/с	$\pm 0,3$
Диапазон измерения направления ветра, град	0–360
Пределы допускаемой погрешности, град	$\pm 3$

В датчике жидких осадков QMR370 (рис. 2.9) использован метод «опрокидывающегося сосуда».[4] По мере накопления осадков в ковше, ковш

опрокидывается, вызывая замыкание геркона. Частота тока, возникающего в результате замыкания, передается в контроллер, где и пересчитывается в количество осадков.



Рисунок 2.9 – Датчик осадков

Его технические характеристики показаны в таблице 2.5

Таблица 2.5

#### Технические характеристики датчика осадков

Характеристика	Параметры
Диапазон измерений интенсивности осадков, мм/ч	0–12
Пределы допускаемой погрешности, %	$\pm 0,5$
Начальная чувствительность датчика, мм	0,25

### 2.2.3 Измерительные каналы комплекса

Всего, в данной, рассматриваемой нами системе может использоваться до десяти измерительных каналов, а именно: канал параметров ветра, температуры и влажности воздуха, канал атмосферного давления, температуры поверхности почвы, температуры почвы на глубинах, канал количества атмосферных осадков и др. Но более подробно мы остановимся только на трех из них.

На измерительный канал влажности и температуры поступают данные, например, с датчика HMP45D, в виде значений температуры и относительной влажности воздуха, далее, благодаря этим значениям программа рассчитывает такие характеристики как: температура точки росы, в градусах Цельсия, парциальное давление водяного пара, в гектопаскалях, дефицит насыщения водяного пара, в гектопаскалях. Поступающие данные фиксируются и усредняются системой за 10 минут.

Для расчета парциального давления водяного пара ( $e$ ) применяется формула:

$$e = rE \cdot 10^x, \quad (1)$$

где:

$r$  — относительная влажность воздуха, в процентах;

$E$  — максимальное парциальное давление водяного пара при данной температуре  $t$ , в градусах Цельсия.

В свою очередь  $E$  рассчитывается по следующей формуле[5]:

$$E = E_0 \exp\left[\frac{at}{b+t}\right], \quad (2)$$

где:

$E_0 = 6,1121$  гектопаскалей;

$a = 17,5043$  градусов Цельсия;

$b = 241,2$  градусов Цельсия;

$$x = \left[ \frac{at}{b+t} \right];$$

$t$  — температура воздуха, в градусах Цельсия

Для расчета температуры точки росы ( $t_r$ ) используется формула:

$$t_r = \frac{b(\lg z + x)}{a - \lg z - x}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

Значения  $a$ ,  $b$ ,  $x$ – написаны ранее

Для расчета относительной влажности воздуха ( $r$ ) применяется формула

4.

$$r = \frac{e}{E} 100\%, \quad (4)$$

Значения для  $e$  и  $E$  написаны ранее.

Для расчета дефицита водяного пара ( $d$ ) применяется формула 5.

$$d = E - e, \text{ гПа.} \quad (5)$$

Значения для  $e$  и  $E$  написаны ранее

После обработки полученных данных, на выходе мы получаем сформированную таблицу, в которой приведены значения температуры воздуха, в градусах Цельсия, относительной влажности, в процентах, значения парциального давления, в гектопаскалях, значения температуры точки росы, в



градусах Цельсия, а также значения дефицита насыщения, тоже в градусах Цельсия.

На вход данного измерительного канала атмосферного давления поступают данные непосредственно с датчика давления. Сигналы приобретают вид цифрового кода благодаря измерительным преобразователям QLI50, Milos 500 или же непосредственно самими датчиками давления.

Дискретность поступления данных с датчиков давления 15 секунд. Далее, по полученным данным станция в автоматическом режиме вычисляет значение давления на уровне моря, в гектопаскалях. Значение атмосферного давления, приведенного к уровню моря, вычисляется по формуле 6.

$$P_{\text{ум}} = P_z \left( \frac{T_{\text{vz}} + \gamma z}{T_{\text{vz}}} \right)^{\frac{g}{R_c \gamma}} = P_z \left( 1 + \frac{\gamma z}{T + \Delta T_v} \right)^{\frac{g}{R_c \gamma}}, \quad (6)$$

где:

$P_{\text{ум}}$  — атмосферное давление на уровне моря, в гектопаскалях;

$P_z$  — давление, которое измерено на уровне установки датчика, в гектопаскалях;

$T_{\text{vz}}$  — виртуальная температура воздуха на высоте станции, в градусах Кельвина;

$\Delta T_v$  — виртуальная добавка [ $\Delta T_v = 0,378(T_e/p)$ , где  $T$  — температура влажного воздуха], в градусах Кельвина;

$e$  — парциальное давление водяного пара, в гектопаскалях;

$P$  — давление влажного воздуха, в гектопаскалях;

$z$  — высота установки датчика давления над уровнем моря, в метрах;

$\gamma$  — вертикальный градиент виртуальной температуры воздуха, принимаемый равным  $\pm 0,0065 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{м}^{-1}$ ;

$R_c$  — газовая постоянная сухого воздуха, равная  $287,05 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{к}^{-1}$ ;

$g$  — ускорение свободного падения на станции,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$

Барическая тенденция – это характер изменения давления за 3 часа, то есть, то как ведет себя давление: увеличивается, уменьшается или остается без изменения. Формула для расчета выглядит следующим образом:

$$\Delta P_3 = P_0 - P_3, \quad (7)$$

где:

$\Delta P_3$  — величина барической тенденции за предыдущие 3 ч, в гектопаскалях;

$P_0$  — атмосферное давление, измеренное в срок, в гектопаскалях;

$P_3$  — атмосферное давление, измеренное в предшествующие 3 ч, в гектопаскалях.

После обработки системой полученных данных, на экран выводится таблица, в которой содержатся данные по давлению на уровне станции, в гектопаскалях, давлению на уровне моря, в гектопаскалях, характер барической тенденции в цифрах кода, а также значение барической тенденции, в гектопаскалях.

Дискретность фиксируемых данных в измерительном канале скорости и направления ветра составляет 15 секунд, данные поступают через преобразователи и контроллер.

Формулы для вычисления средних скорости и направления ветра приведены далее

$$\bar{V}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{MГH,i}}{n}, \quad (8)$$

$$\bar{D}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n d_{MГH,i}}{n}, \quad (9)$$

где:

$V_{\text{cp}}$  — осредненные значения скорости ветра (м/с) за прошедшие 10 минут;

$n$  — число измерений мгновенной скорости ветра за 10 минут;

$V_{\text{МГН},i}$  — значения мгновенной скорости ветра, в метрах в секунду;

$d_{\text{МГН},i}$  — значения мгновенного направления ветра, в градусах.

В рассматриваемом нами автоматическом комплексе происходит векторное изменение моментальных значений направления ветра в среднее значение.

За 10 минут система выбирает максимальное значение скорости ветра и фиксирует его как мгновенное максимальное. За 3 часа, (метеосрок), система выбирает максимальное значение скорости ветра и фиксирует его как максимальное в срок.

После обработки полученных данных система выводит таблицу, в которой содержатся данные об осредненных скорости (в м/с) и направлении ветра (градусы) за последние 10 минут, данные о максимальной скорости ветра (м/с) за истекшие 10 минут, а также данные о максимальной скорости ветра (м/с) за прошедшие три часа.

### 3 Исследование данных АМК и методы обработки

#### 3.1 Характеристика и методы обработки исходного материала

Для оценки изменчивости метеорологических параметров необходимо брать во внимание климатические характеристики местности.

Для работы были получены данные с учебной базы практик Даймище, с автоматического комплекса АМК.

Данные по температуре, влажности, давлению и направлению ветра были взяты за март и апрель 2015 года. Данные находятся в формате .txt. На рисунке 3.1 представлен фрагмент полученных данных. Дискретность данных 1 минута.

```
20150301_26063 – Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
дата время местн. DT Твозд. Точка_росы Твозд.макс_3ч Твозд.мин_3ч Твозд.макс_1ч
01.03.2015 00:00:07 01.03.2015_04:00:07 -00.11 -01.44 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:00:17 01.03.2015_04:00:17 -00.11 -01.44 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:01:07 01.03.2015_04:01:07 -00.12 -01.44 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:02:07 01.03.2015_04:02:07 -00.12 -01.43 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:03:07 01.03.2015_04:03:07 -00.13 -01.42 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:04:07 01.03.2015_04:04:07 -00.13 -01.41 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:05:07 01.03.2015_04:05:07 -00.14 -01.41 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:06:07 01.03.2015_04:06:07 -00.14 -01.41 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:07:07 01.03.2015_04:07:07 -00.15 -01.41 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:08:07 01.03.2015_04:08:07 -00.14 -01.41 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:09:07 01.03.2015_04:09:07 -00.14 -01.41 000.12 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:10:07 01.03.2015_04:10:07 -00.14 -01.41 000.09 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:11:07 01.03.2015_04:11:07 -00.14 -01.42 000.09 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:12:07 01.03.2015_04:12:07 -00.14 -01.42 000.09 -00.17 001.18 -0
01.03.2015 00:13:07 01.03.2015_04:13:07 -00.14 -01.42 000.09 -00.17 001.18 -0
```

Рисунок 3.1 – Фрагмент полученных данных в формате .txt.

Далее, после просмотра и оценки данных необходимо было уменьшить их дискретность, то есть, сократить количество данных, не потеряв при этом суть.

Для достижения этой цели была применена программа, составленная на кафедре ЭФА, РГГМУ, для упрощения и автоматизации данного действия.

Для того, чтобы применить данную программу, необходимо было перевести данные в формат.excel. На рисунке 3.2 представлен фрагмент переведенных данных.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К
1	дата	время	местн,DT	Твозд,	Точка_росы	Твозд,макс_3ч	Твозд,мин_3ч	Твозд,макс_12ч	Твозд,мин_12ч	Твозд,ср_сутки	Отн,влажность Д
2	19,03,2015	0:00:05	19,03,2015_03:00:05	-5,78	-7,33	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	88
3	19,03,2015	0:00:15	19,03,2015_03:00:15	-5,78	-7,33	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	88
4	19,03,2015	0:01:04	19,03,2015_03:01:04	-5,78	-7,31	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	88
5	19,03,2015	0:02:05	19,03,2015_03:02:05	-5,77	-7,28	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
6	19,03,2015	0:03:05	19,03,2015_03:03:05	-5,76	-7,24	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
7	19,03,2015	0:04:05	19,03,2015_03:04:05	-5,75	-7,2	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
8	19,03,2015	0:05:05	19,03,2015_03:05:05	-5,73	-7,17	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
9	19,03,2015	0:06:06	19,03,2015_03:06:06	-5,72	-7,14	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
10	19,03,2015	0:07:05	19,03,2015_03:07:05	-5,72	-7,13	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
11	19,03,2015	0:08:05	19,03,2015_03:08:05	-5,72	-7,13	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
12	19,03,2015	0:09:05	19,03,2015_03:09:05	-5,75	-7,15	-3,76	-5,78	14,66	-5,78	2	89
13	19,03,2015	0:10:05	19,03,2015_03:10:05	-5,78	-7,2	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
14	19,03,2015	0:11:04	19,03,2015_03:11:04	-5,83	-7,26	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
15	19,03,2015	0:12:05	19,03,2015_03:12:05	-5,89	-7,33	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
16	19,03,2015	0:13:05	19,03,2015_03:13:05	-5,95	-7,41	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
17	19,03,2015	0:14:05	19,03,2015_03:14:05	-6,03	-7,5	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
18	19,03,2015	0:15:06	19,03,2015_03:15:06	-6,11	-7,59	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
19	19,03,2015	0:16:04	19,03,2015_03:16:04	-6,19	-7,67	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
20	19,03,2015	0:17:05	19,03,2015_03:17:05	-6,26	-7,73	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
21	19,03,2015	0:18:05	19,03,2015_03:18:05	-6,33	-7,79	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
22	19,03,2015	0:19:05	19,03,2015_03:19:05	-6,39	-7,83	-4,15	-5,78	14,66	-5,78	1,99	89
23	19,03,2015	0:20:05	19,03,2015_03:20:05	-6,44	-7,85	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	89
24	19,03,2015	0:21:05	19,03,2015_03:21:05	-6,46	-7,84	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	89
25	19,03,2015	0:22:05	19,03,2015_03:22:05	-6,47	-7,81	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	90
26	19,03,2015	0:23:05	19,03,2015_03:23:05	-6,45	-7,74	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	90
27	19,03,2015	0:24:05	19,03,2015_03:24:05	-6,41	-7,66	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	90
28	19,03,2015	0:25:05	19,03,2015_03:25:05	-6,35	-7,56	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	91
29	19,03,2015	0:26:05	19,03,2015_03:26:05	-6,3	-7,47	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	91
30	19,03,2015	0:27:05	19,03,2015_03:27:05	-6,24	-7,39	-4,16	-6,44	14,66	-6,44	1,98	91

Рисунок 3.2 – Фрагмент переведенных данных из формата .txt в формат .excel

После автоматического сокращения дискретности исчезло большое количество избыточных данных, и выборка заметно сократилась.

Полученные данные были проверены путем сравнения распределений параметров до сокращения дискретности и после него. В результате проверки выявлено, что распределение параметров практически не изменилось.

## 3.2 Оценка изменчивости метеорологических параметров

### 3.2.1 Изменчивость температуры

На рисунке 3.3 представлен график изменения температур в течение марта. По графику мы видим, что амплитуда колебаний температуры в середине марта очень большая и составляет в среднем около 22 °С. Это можно связать с тем, что в середине марта начинается активное потепление: в дневное время температура повышается за счет прогрева солнечными лучами, а в ночное – опускается в отрицательную область (выхолаживание). Такая изменчивость температур характерна при антициклоне и безоблачном небе. А в начале и в конце месяца характер изменения температуры совсем другой.

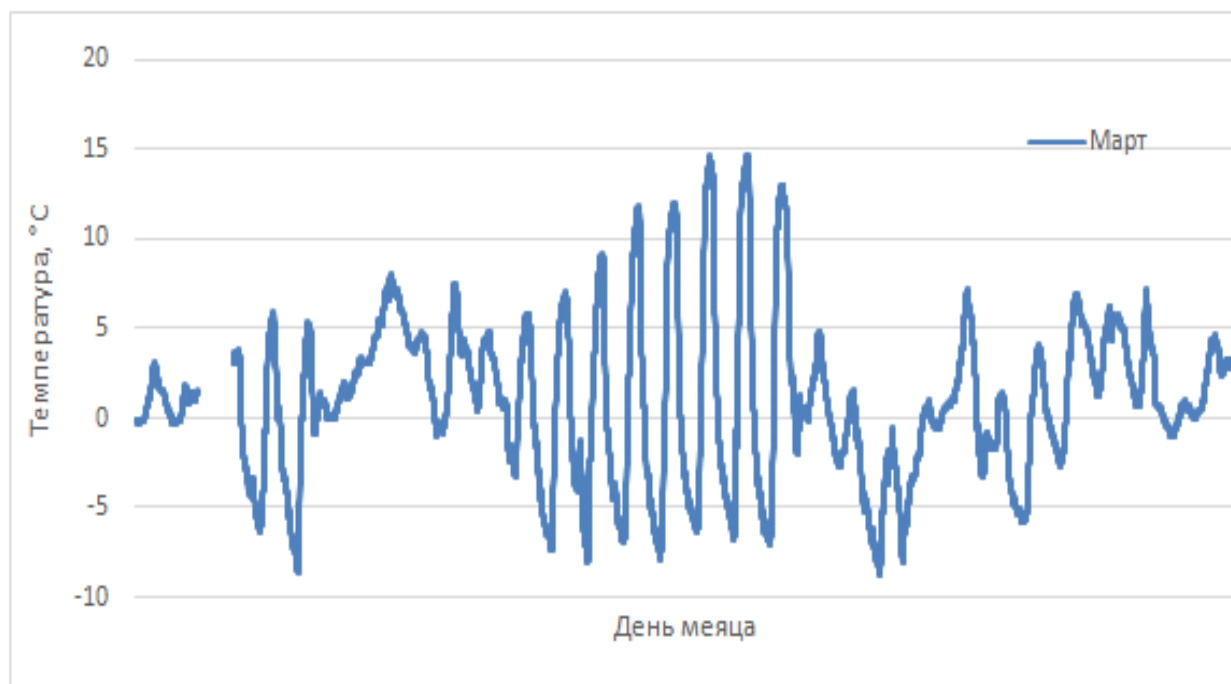


Рисунок 3.3 – График изменения температур в марте 2015 г.

Сравним информацию комплекса с данными других источников метеорологической информации. В таблице 3.1 представлены данные с сайта [5] с информацией о погоде в д. Даймище с 1 по 31 марта 2015 года и условные обозначения.

Архив данных метеорологической информации в д. Даймище с сайта [5] за март 2015 года и условные обозначения

Число	День					Вечер				
	Температура	Давление	Облачность	Явления	Ветер	Температура	Давление	Облачность	Явления	Ветер
1	+2	753	☁		Ю 2м/с	+2	752	☀		Ю 2м/с
2	+1	745	☀		ЮВ 3м/с	+2	743	☀	☁	ЮВ 3м/с
3	+2	745	☀		ЮВ 4м/с	+2	746	☀		ЮВ 4м/с
4	+3	750	☀		ЮЗ 4м/с	-1	754	☁		ЮЗ 4м/с
5	+6	761	☁		ЮЗ 1м/с	0	762	☀		ЮЗ 1м/с
6	+4	761	☁		ЮЗ 6м/с	+2	761	☀		ЮЗ 6м/с
7	+2	760	☀		ЮЗ 5м/с	+2	755	☀		ЮЗ 5м/с
8	+5	750	☀		ЮЗ 5м/с	+6	749	☁		ЮЗ 5м/с
9	+4	752	☀	☁	ЮЗ 4м/с	+4	755	☀		ЮЗ 4м/с
10	+5	757	☁		Ю 5м/с	+4	753	☁		Ю 5м/с
11	+5	755	☀		З 4м/с	+2	760	☀		З 4м/с
12	+6	770	☁		СВ 4м/с	0	771	☁		СВ 4м/с
13	+7	776	☁		В 4м/с	-1	775	☁		В 4м/с
14	+9	775	☁		СВ 2м/с	+1	775	☁		СВ 2м/с
15	+11	779	☁		В 2м/с	+3	779	☁		В 2м/с
16	+12	781	☁		ЮВ 2м/с	-1	781	☁		ЮВ 2м/с
17	+14	779	☁		ЮЗ 1м/с	0	776	☁		ЮЗ 1м/с
18	+15	773	☁		ЮВ 2м/с	-1	770	☁		ЮВ 2м/с
19	+12	762	☁		Ю 3м/с	+4	759	☁		Ю 3м/с
20	+4	751	☀		З 3м/с	+1	750	☀		З 3м/с
21	-1	751	☁		СЗ 5м/с	-3	753	☁		СЗ 5м/с
22	-2	757	☁		СЗ 3м/с	-5	756	☁		СЗ 3м/с
23	+1	746	☀	✳	ЮЗ 7м/с	-1	741	☀	✳	ЮЗ 7м/с
24	+6	740	☀		ЮЗ 10м/с	+4	745	☀		ЮЗ 10м/с
25	+1	757	☁		СВ 3м/с	-3	761	☁		СВ 3м/с
26	+4	763	☁		В 4м/с	0	762	☁		В 4м/с
27	+6	760	☀		ЮВ 4м/с	+5	758	☀		ЮВ 4м/с
28	+5	755	☀		Ю 4м/с	+6	755	☀		Ю 4м/с
29	+6	750	☀		Ю 5м/с	+1	748	☀	✳	Ю 5м/с
30	+1	739	☀	✳	ЮВ 5м/с	0	738	☀	✳	ЮВ 5м/с
31	+3	734	☀	☁	Ю 4м/с	+3	736	☀	☁	Ю 4м/с

**Условные обозначения:**

Ясно  
 Малооблачно  
 Облачно  
 Пасмурно  
 Дождь  
 Снег  
 гроза  
 -5 Температура  
 +25 Температура  
 Направление и скорость ветра

Рассмотрев полученный в ходе работы график и данные с метеорологической станции, можно сказать, что данные почти совпадают, имеют очень похожий ход. Важно отметить, что в своей работе я рассматривал текущие данные за каждые сутки и по этим данным строил графики, а данные с сайта [5] осреднены за день и за ночь, именно поэтому мы не можем сравнить конкретные значения температур.

Тем не менее, хорошо видно совпадение в середине месяца. С 12 по 19 марта видно, что облачность отсутствовала, то есть, было ясно, а это значит, что именно послужило большой изменчивости температуры. Осредненные данные показывают наличие самого большого суточного интервала ( $16^{\circ}\text{C}$ ) 18 марта, дата совпадает с показаниями комплекса, а вот суточные разброс несколько больше.

В начале месяца сайт [5] показывает практически одинаковую температуру как в дневное, так и в вечернее время. Показания комплекса позволяют увидеть суточный максимум, составивший 1 марта  $3^{\circ}\text{C}$ . Аналогичная ситуация возникает и в конце месяца. Например 27 марта осредненные значения сайта [5] отличаются всего на один градус ( $6^{\circ}\text{C}$  днем и  $5^{\circ}\text{C}$  вечером), а информация комплекса позволяет увидеть, что в ночные часы температура воздуха была близка к нулю.

Рассмотрим также синоптические карты с сайта [6], модель UKMO. Данные взяты за март 2015 года и по ним можно посмотреть в области какого давления находился исследуемый район и таким образом проверить полученные с базы данные о температуре воздуха.

Кружком на картах (рис. 3.4) выделена зона исследуемого района, где представлены четыре синоптические карты за 2 и 24 числа марта, а также за 14 и 15 числа марта соответственно.



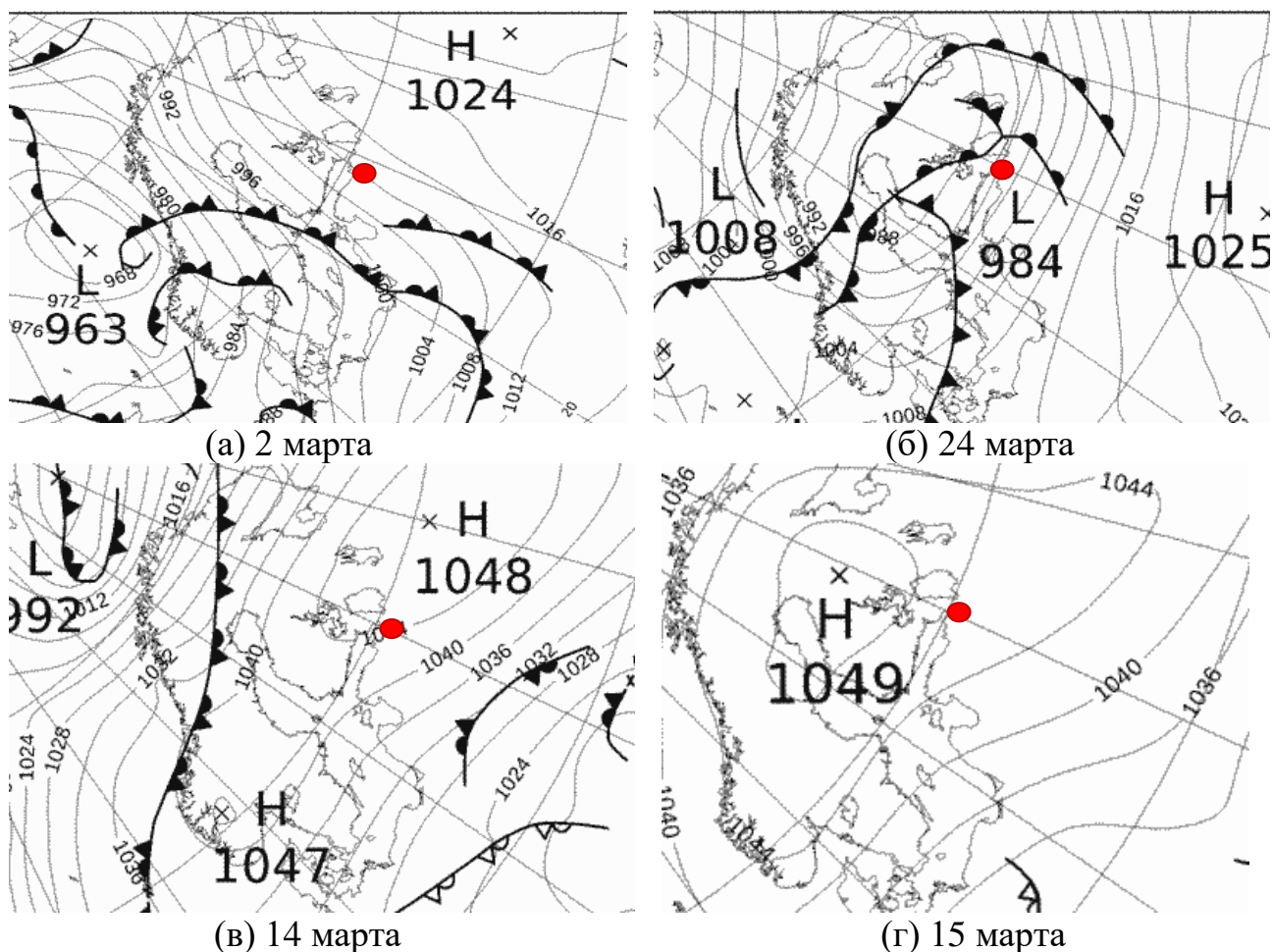


Рисунок 3.5 – Синоптические приземные карты погоды [6] за срок 00:00 ВСВ, модель UKMO

По картам за 2 и 24 марта видно, что исследуемый район находится в зоне пониженного давления. Значит, в этой области наблюдается пасмурная погода, что также подтверждают данные с сайта погоды [5] и информация АМК.

По картам за 14 и 15 марта видно, что наш район находится в области повышенного давления, в антициклоне, а значит, имеет место быть безоблачное небо, что также подтверждается данными с сайта погоды [5], следовательно, как раз для такой ситуации и будет характерна большая амплитуда температур в течение дня.

Можно сделать вывод о репрезентативности данных учебного комплекса.

Теперь посмотрим изменчивость температуры в апреле 2015 г. В апреле комплекс работал только пол месяца, поэтому исследуемый ряд достаточно короткий (рис. 3.5). Тем не менее видно, что отрицательные температуры наблюдаются уже только в ночной период времени и наблюдаются всего три раза за 15 дней. Такой характер изменчивости температуры говорит о том, что в апреле подстилающая поверхность достаточно прогрелась, а отрицательные значения температуры в ночное время достигаются за счет теплообмена воздуха и почвы, на которой еще лежит снежный покров.

Хочется обратить внимание на характер изменения температуры 2 и 4 числа. В эти дни практически отсутствует суточный ход, да и прогрев в дневное время – минимален. Как правило, еле заметный или нечеткий суточный ход температуры воздуха – это следствие циклонической деятельности и наличия осадков.

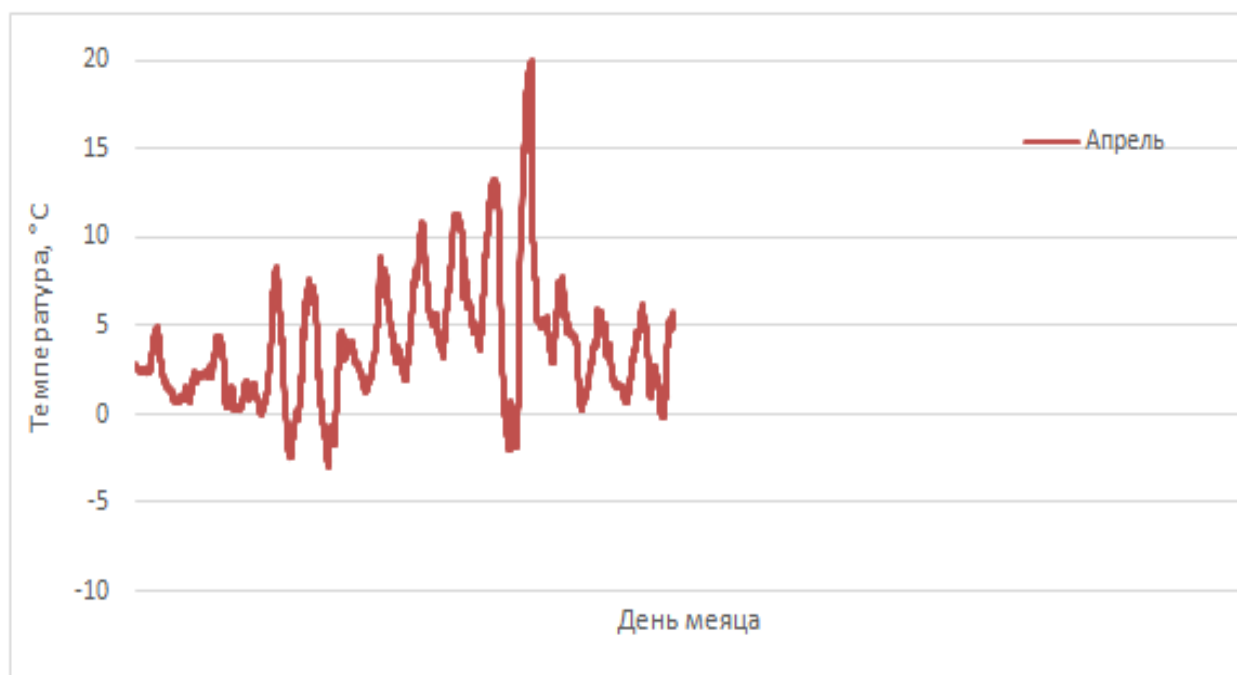


Рисунок 3.5 – График изменения температур в апреле 2015 г.

Сравним показания АМК с метеорологической информацией с сайта [5] (табл. 3.2). Условные обозначения представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.2

Данные метеорологической информации в д. Даймище с сайта [5] за апрель 2015 года

Число	День					Вечер				
	Температура	Давление	Облачность	Явления	Ветер	Температура	Давление	Облачность	Явления	Ветер
1	+4	738	☉		← В 3м/с	+2	737	☉		← В 3м/с
2	+1	735	☉	*	↙ ЮВ 1м/с	+2	738	☁		↙ ЮВ 1м/с
3	+4	748	☉		↙ ЮВ 2м/с	+2	749	☉		↙ ЮВ 2м/с
4	+1	747	☉	*	← В 3м/с	+1	749	☉	*	← В 3м/с
5	+7	755	☾		← В 3м/с	+5	757	☉		← В 3м/с
6	+6	759	☾		↓ С 3м/с	+3	758	☉		↓ С 3м/с
7	+4	753	☉		↗ ЮЗ 4м/с	+3	752	☁		↗ ЮЗ 4м/с
8	+7	747	☉		→ З 7м/с	+5	749	☁		→ З 7м/с
9	+8	752	☉		→ З 5м/с	+7	748	☉		→ З 5м/с
10	+11	749	☉		→ З 5м/с	+8	748	☉		→ З 5м/с
11	+12	754	☉		↘ СЗ 5м/с	+4	753	☉		↘ СЗ 5м/с
12	+18	747	☉		↑ Ю 5м/с	+6	748	☾		↑ Ю 5м/с
13	+6	748	☉		↑ Ю 6м/с	+5	746	☉	☁	↑ Ю 6м/с
14	+5	744	☉		↘ СЗ 5м/с	+3	743	☉		↘ СЗ 5м/с
15	+4	739	☾		→ З 4м/с	+3	740	☁		→ З 4м/с
16	+5	736	☾		→ З 4м/с	+2	737	☁		→ З 4м/с

Рассмотрев полученный график, а также информацию с сайта [5] можно сказать, что данные имеют очень схожие значения. Так же, как и в марте можно наблюдать низкие амплитуды температур на графике в дни, когда было пасмурно, и большие амплитуды температурных значений в течение суток при ясном небе.

За 2 и 4 апреля по информации с сайта [5] наблюдается низкое давление (735 и 747 мм рт. ст.) и осадки в виде снега, что соответствует ранее сделанным выводам.

На рисунке 3.6 представлены две синоптические карты [6] для того, чтобы посмотреть, что же происходило на исследуемой территории.

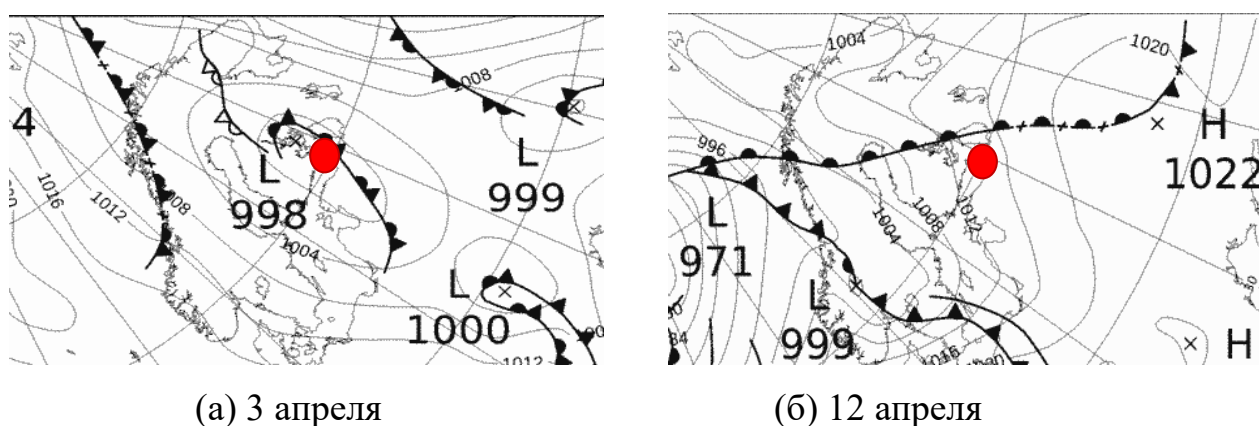


Рисунок 3.6 –Синоптические приземные карты погоды за срок 00:00 ВСВ с сайта [6], модель UKMO

По данным карт мы видим, что 3 апреля (рис. 3.6,а), зона Гатчинского района была в области пониженного давления сразу за фронтом окклюзии, что и объясняет погодную ситуацию, наблюдавшуюся 2 числа. А 12 апреля (рис. 3.6,б), исследуемая территория находится в зоне теплого сектора (только что прошел теплый фронт). Именно этим можно объяснить температурный максимум в 20°C (рис. 3.5).

Также, нужно напомнить, что в своей работе я использовал данные с большей дискретностью, в отличие от данных со станции, поэтому информация разных источников может несколько отличаться.

Стоит отметить, что проведение такого комплексного анализа, даже архивной информации позволяет получить четкое понимание погодной ситуации в конкретном месте.

### 3.2.3 Изменчивость давления

На рисунке 3.7 представлен график изменчивости давления в течение двух весенних месяцев – марта и апреля. По оси абсцисс на данном графике – порядковый номер измерения, по оси ординат – давление на уровне станции, в гПа. Для понимания отметим, что 1 измерение соответствует измерению 1 числа месяца, далее, например 1297 измерение соответствует 11 числу месяца, 2431 измерение соответствует 19 числу месяца и тд.

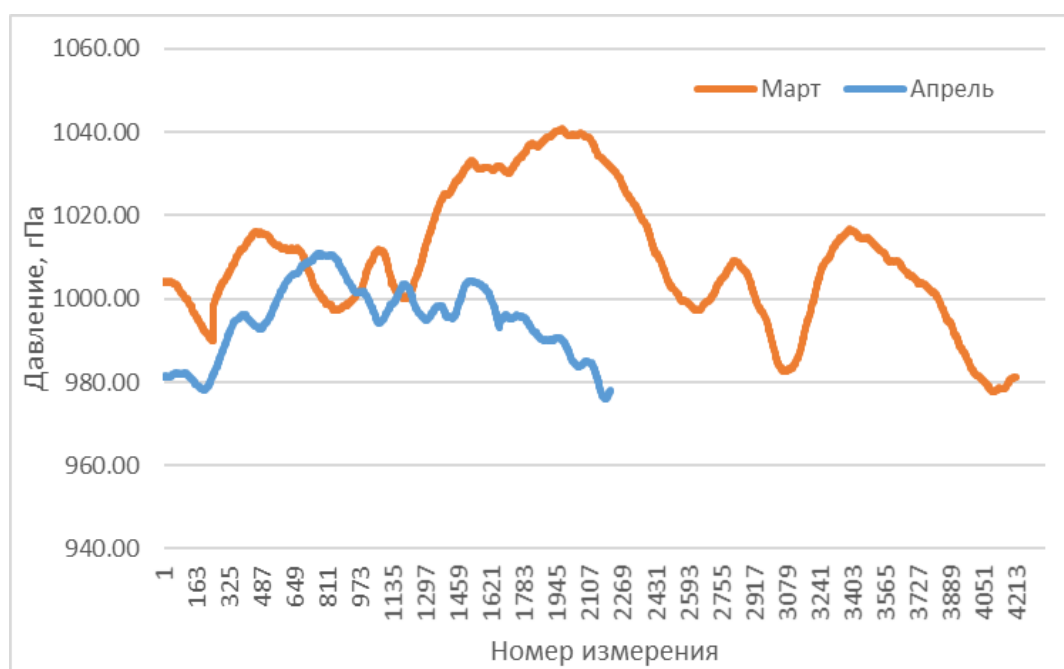


Рисунок 3.7 – График изменения давления в течение марта и апреля в д. Даймище за 2015 год

Рассмотрим ход кривой за март. Видно, что значения давления увеличиваются относительно средних значений с 1297 измерения по 2431 измерение, что соответствует датам с 11 по 19 марта, далее, давление начинает уменьшаться. Сравнив полученные данные с таблицей 3.1 и рисунком 3.5 (в, г), можно сказать, что данные совпадают. Так как наша территория находилась

под влиянием антициклона, следовательно, наблюдалось повышенное давление, что мы можем наглядно наблюдать на графике.

Рассмотрим ход кривой за апрель. Мы видим, что наибольшие значения давления наблюдаются в период с 649 по 973 измерение, что соответствует 5 и 7 апреля соответственно. Сравнив полученные данные с таблицей 3.2 можно сказать, что действительно, в период с 5 по 7 апреля наблюдалось наибольшее давление, но при этом ясно или малооблачно было лишь в ночные часы. При сравнении с рисунком 3.6,а можно сказать, что рассматриваемая нами область, была под влиянием антициклона.

А 2 апреля (измерение №170) значения давления по данным комплекса (рис. 3.7) опустились ниже отметки 980 гПа, что соответствует 735 мм рт.ст. и совпадает с информацией сайтов [5,6]. Так же подтверждается небольшой спад значений в районе 500 измерения (4 апреля).

#### 3.2.4 Изменчивость направлений ветра

На рисунке 3.8 представлена роза ветров, построенная по данным автоматического комплекса, т.е. график распределения количества случаев того или иного направления в течение месяца. Данные для этой розы ветров использовались с дискретностью 1 мин.

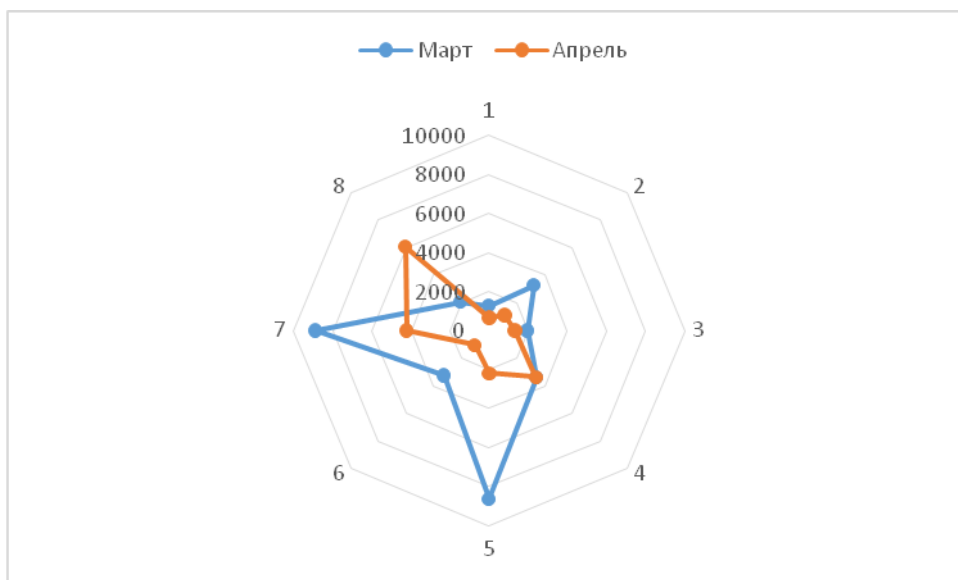


Рисунок 3.8 – роза ветров, для марта и апреля 2015 года в д. Даймище

По графику видно, что в течение всего марта месяца преобладали ветра южных и западных направлений, около 9000 случаев на каждое направление. Ветра этих направлений обычно приносят теплые воздушные массы в регион. Это и повлияло на появление достаточно высоких температур воздуха.

А вот в апреле преобладали ветра северо-западных направлений, и восточных, приносящих холодные континентальные воздушные массы. Например, по данным АМК и информации таблицы 3.2 с 1 по 4 апреля наблюдались ветра восточных направлений. И холодный заток воздуха не дал подняться температуре воздуха выше 5°C.

### 3.3 Взаимосвязь различных метеопараметров друг с другом

Рассмотрим взаимосвязь метеопараметров на примере данных о температуре воздуха и атмосферном давлении за март и апрель месяц (рис. 3.9, 3.10). На рисунке 3.9 представлен взаимный ход температуры и атмосферного давления.

По графику видно, что кривые имеют почти зеркальный ход. Максимальному значению давления 6 и 7 числа (оранжевая кривая) соответствуют минимальные значения температуры также 6 и 7 числа (синяя кривая). Также мы можем наблюдать резкое падение температуры 12 числа, и в тот же день наблюдается резкое увеличение атмосферного давления.

По графику (рис. 3.10) видно, что также как и в апреле, максимальным значениям давления (оранжевая кривая) соответствуют минимальные значения температур (синяя кривая). Так, наибольшим значениям давления с 12 по 18 число соответствуют средние минимальные значения температуры. То есть, 18.03.2015 давление составило 1032,3 гПа, а температура была  $-4,9^{\circ}\text{C}$ . Да, безусловно, это не самая минимальная температура за месяц, но тенденция и общий ход именно такие. Стоит отметить, что такая тенденция (обратная зависимость) имеет место быть лишь в холодный период года.

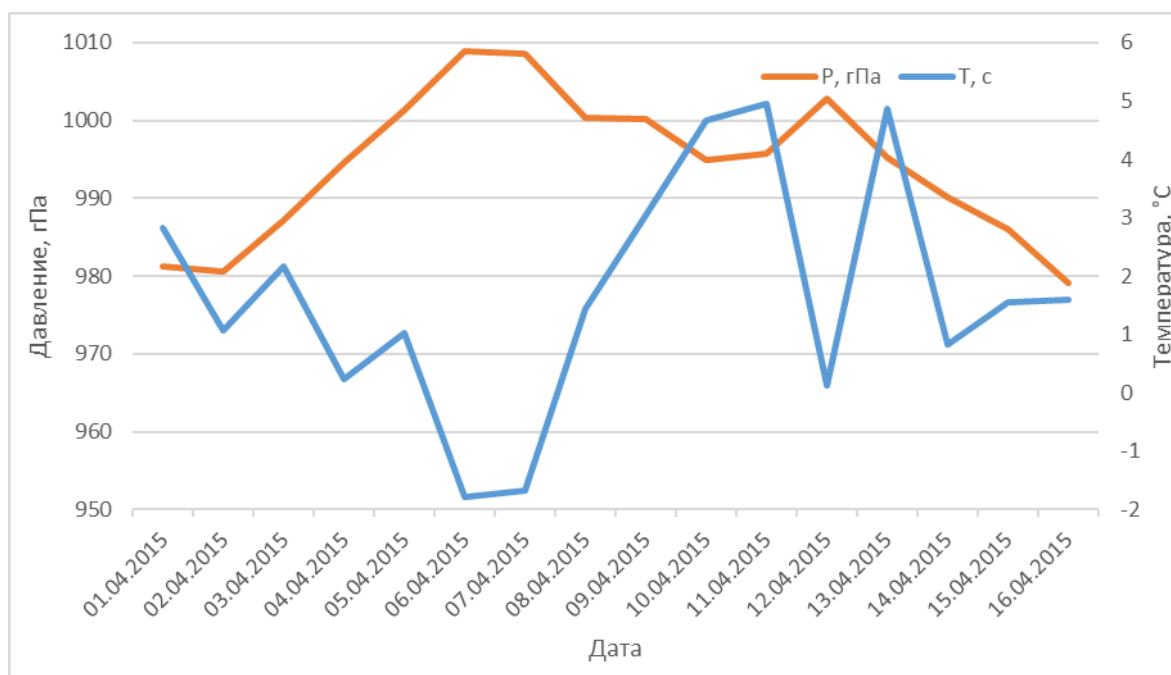


Рисунок 3.9 – Взаимосвязь температуры и давления в апреле 2015 года в д. Даймище



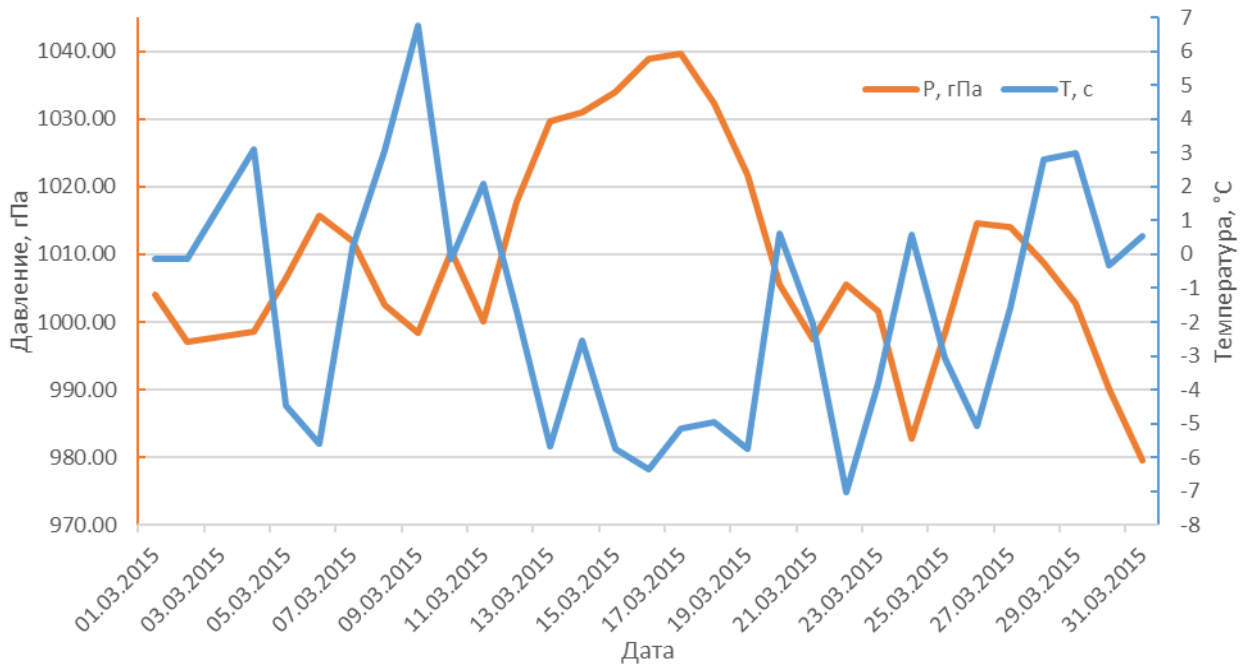


Рисунок 3.10 – График температуры и давления за март 2015 года в д. Даймище

## Заключение

В ходе данной работы для достижения поставленных целей решены следующие задачи.

- рассмотрено и изучено географическое положение Гатчинского района и его климатические характеристики;
- изучен набор датчиков, входящих в состав автоматического метеорологического комплекса (АМК), а также их характеристики и методы, на которых базируется работа;
- собраны, подготовлены для цифровой обработки и обработаны данные автоматического комплекса необходимые для проведения исследования;
- изучена изменчивость метеорологических характеристик.

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы.

Данные автоматических измерений на базе практик репрезентативны, что подтверждено сравнением с информацией с сайта [5] для Гатчинского района и синоптическими картами, за соответствующий период. Данные АМК могут быть использованы при составлении прогнозной и климатической информации.

В середине марта наблюдалась большая разница между дневными и ночными значениями температур, это связано с тем, что как раз в это время над исследуемой территорией проходил антициклон. Давление было повышенное, значение ночных температур было отрицательным, так как происходило выхолаживание. В остальные же дни месяца над территорией преобладали циклоны, которые приносили с собой облака, следовательно, погода была пасмурной, а разности ночных и дневных температур имели меньшее значение. Достаточно высокие температуры в марте обусловлены преобладанием ветров западных и южных направлений, приносящих в регион теплые воздушные массы.

Изменчивость исследуемых параметров в начале апреля диктовали ветра восточных направлений, приносящие в район холодный континентальный воздух. Так же в этот период большой вклад внесла атмосферная циркуляция. В отличие от марта в апреле преобладали области пониженного давления.

Рассмотрев совместные графики температуры и давления можно сказать, что наибольшим значениям давления соответствуют наименьшие значения температуры, т.е. обратная зависимость. Но важно отметить, что данный характер зависимости метеорологических величин характерен только для холодного времени года.

## Список использованных источников

1. Гатчинский район // Википедия – свободная энциклопедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 01.05.2022).
2. Климат Гатчина // climate-data.org URL: <https://ru.climate-data.org> (дата обращения: 01.05.2022).
3. Сотрудники Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова Наставление гидрометеорологическим станциям и постам часть 1 выпуск 3. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1985. - 300 с.
4. К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова Автоматические метеорологические станции: в 2 т. - Ч. 1. Тактико-технические характеристики: учебное пособие. изд. - СПб: РГГМУ, 2016. - 170 с.
5. Архив погоды д. Даймище // Gismeteo URL: <https://www.gismeteo.ru> (дата обращения: 3.05.2022).
6. Приземный анализ синоптических карт Европы // Wetterzentrale URL: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis> (дата обращения: 03.05.2022).