

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 «Анализ микроклиматической изменчивости метеорологических величин»

Исполнитель                    Васильев Егор Алексеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель                Кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Абанников Виктор Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

к. физ.-м. н., доцент  
Сероухова Ольга Станиславовна

«15.06» 2022г.

Санкт-Петербург, 2022

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Физико-географические особенности Белгородской области .....	5
1.1 Географическое положение и общие сведения .....	5
1.2 Особенности рельефа и гидрологии.....	8
1.3 Климат региона исследования .....	10
2 Обработка данных о микроклимате Белгородской области. ....	13
2.2. Климатические данные по температуре.....	14
2.3. Климатические данные по осадкам .....	19
2.4. Другие имеющиеся данные .....	21
3 Анализ метеорологических данных Белгородской области .....	22
3.1 Температурный режим Белгородской области.....	22
3.2 Климатические данные по количеству осадков. ....	26
3.3 Климатические данные по продолжительности солнечного сияния. ....	27
3.4 Режим ветра Белгородской области .....	28
3.4.1 Характер атмосферной циркуляции в Белгородской области .....	28
3.4.2 Исследование скорости ветра по месяцам и годам.....	29
3.4.3 Анализ повторяемости ветра.....	38
Заключение .....	44
Список литературы .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Углубленное изучение микроклимата территории Белгородской области необходимо, в первую очередь, для агропромышленности, так как, данный вид промышленности является основным потребителем метеорологической информации и находится в прямой зависимости от неё. Анализ данных параметров может быть крайне полезен для дальнейшего развития агрономии на территории данного субъекта.

Объект исследования – климатические данные с метеостанций Белгородской области

Предмет исследования – Микроклиматические параметры

Цель – Проанализировать основные метеорологические переменные и выявить закономерности

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть физико-географические характеристики Белгородской области.
2. Обработать и изучить имеющиеся данные
3. Проанализировать результат и сделать вывод о влиянии на микроклимат различных параметров.

База исследования. Данные получены из Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»

Структура работы: введение, три главы, заключение, список использованной литературы.

Во введение работы обоснована актуальность выбранной темы исследования, определена цель и задачи исследования.

В первой главе работы «Физико-географические особенности

Белгородской области»: дана развёрнутая информация о данном субъекте, в частности: рельеф, климат, гидрология.

Во второй главе работы: «Обработка данных о микроклимате Белгородской области»: были обработаны имеющиеся данные и построены графики для дальнейшего анализа.

Во третьей главе работы: «Анализ метеорологических данных Белгородской области»: был проведен детальный анализ микроклиматических характеристик на метеостанциях.

В заключение работы сделаны основополагающие выводы по результатам исследования.

## 1 Физико-географические особенности Белгородской области

### 1.1 Географическое положение и общие сведения

Белгородская область – это территориальная единица Российской Федерации, которая расположена в юго-западной части России на 600–750 км к югу от Москвы, на границе с Украиной. Этот регион входит в состав Центрально-Чернозёмного экономического района и Центрального федерального округа Российской Федерации. На юге и юго-западе он граничит с Харьковской и Луганской, на западе – с Сумской областями Украины, на северо-западе и на севере граничит с Курской областью, на востоке – с Воронежской областью. Полная длина границы области составляет 1150 км, из них граница с Украиной – 540 км. Крайними точками Белгородской области являются территории со следующими координатами: на севере (в Старооскольском районе) –  $51^{\circ} 46'$  с. ш., на юге (в Ровеньском районе) –  $49^{\circ} 41'$  с. ш., на западе (в Краснояружском районе) –  $35^{\circ} 20'$  в. д., и на востоке (в Ровеньском районе) –  $39^{\circ} 16'$  в. д.

В состав Белгородской области входят шесть городов областного значения: Белгород, Алексеевка, Валуйки, Губкин, Старый Оскол, Шебекино. Также в состав входит двадцать один район: Алексеевский, Белгородский, Борисовский, Валуйский, Вейделевский, Волоконовский, Грайворонский, Губкинский, Ивнянский, Корочанский, Красненский, Красногвардейский, Краснояружский, Новооскольский, Прохоровский, Ракитянский, Ровеньский, Старооскольский, Чернянский, Шебекинский, Яковлевский.

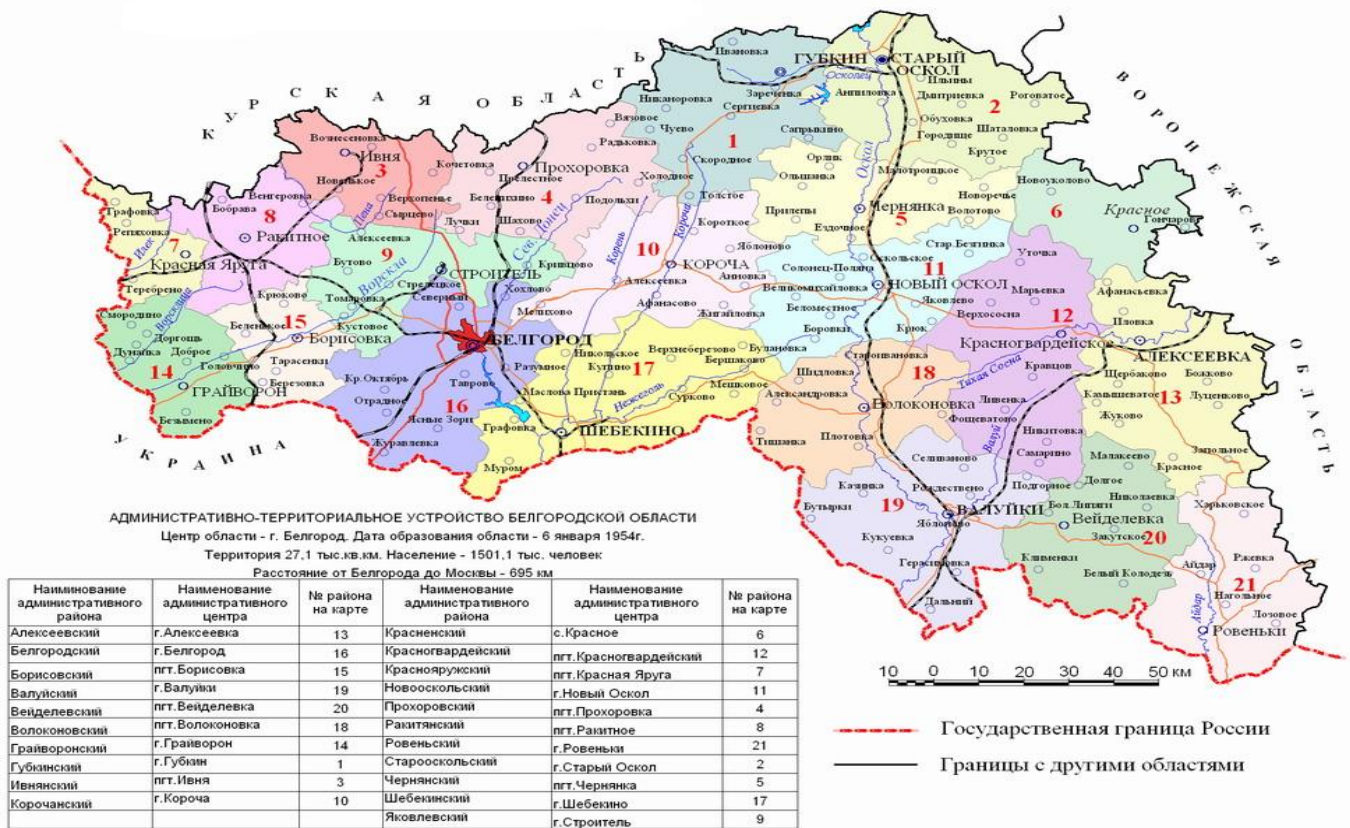


Рисунок 1.1. Административная карта Белгородской области.

Территория области представлена несколькими приподнятой равниной, на которой расположены юго-западные и южные отроги Среднерусской возвышенности, которая расчленена множеством речных долин и плотной овражно-балочной системой. Плато является главной водораздельной возвышенностью, которая отделяет речные системы притоков Днепра (реки: Сейм, Псел, Ворскла) и речные системы притоков Дона. Общая площадь области равна 27,1 тыс. км<sup>2</sup>, протяжённость с севера на юг – 190 км, с запада на восток – 270 км., с северо-запада на юго-восток более чем на 300 км. Территория области находится на юго-западных и южных склонах Среднерусской возвышенности в бассейнах рек Днепр и Дон, преимущественно в лесостепной зоне на равнине с часто встречающимися холмами.





Рисунок 1.2. Физико-географическая карта Белгородской области.

## 1.2 Особенности рельефа и гидрологии

Поверхность территории Белгородской области сформировалась в течение длительной геологической истории, которая тесно связана с геоморфологическим развитием Русской равнины. В основе равнины залегает Русская платформа. Она является крупным геологическим сооружением, подземный рельеф которого характеризуется рядом приподнятых и опущенных участков. Одной из таких приподнятых территорий является поднятие в средней части платформы, именуемое Воронежской антеклизой. В состав Воронежской антеклизы входят горные породы различного состава и возраста. Она имеет двухъярусное строение. В нижней части залегают древние кристаллические породы, которые прикрыты толщей образований осадочного происхождения, сформированных позднее.

Кристаллический фундамент был сформирован в архейскую и протерозойскую эры (в докембрии) под влиянием древних горообразующих и вулканических процессов. На северо-востоке области этот фундамент находится на глубине около 100 метров. Здесь наблюдается самая возвышенная область антеклизы. К юго-западу фундамент опускается, и вблизи Днепровско-Донецкой впадины его глубина достигает 500 метров. В строении кристаллического основания участвует комплекс метаморфических пород, собранных в крутопадающие складки – железистых кварцитов, кристаллических (магне-тито-амфиболовых и биотитовых) сланцев, гнейсов, известняков и прорезающих их магматических внедрений.

Наличие древнейших толщ в недрах области объясняет залегание огромных запасов железных руд, образующих Курскую магнитную аномалию (КМА), которая занимает территории и далеко за пределами Белгородской области. Толща пород подразделяется на три отдела, средний из которых является рудоносным.

Современный рельеф территории Белгородской области образовался на ранее сформированной литогенной основе. Он постепенно изменялся и принял



нынешнюю форму на протяжении длительного геологического времени. Основные черты рельефа стали создаваться после выхода дна палеогенового моря на поверхность.

Большое значение в формировании рельефа получили и неотектонические движения земной коры. В течение времени по линиям разломов образовалась современная речная сеть Белгородской области. На протяжении плиоцена, в силу идущих неотектонических поднятий, на территории области был сформирован водораздел, который и сейчас определяет сток рек в двух основных направлениях: в сторону Окско-Донской равнины и в сторону Донецкой-Приднепровской низменности.

На протяжении длительных эволюционных изменений рельефа Белгородской области после выхода ее поверхности из-под древнего моря образовались очертания исходного рельефа, в котором сегодня преобладает флювиальный тип местности с плакорами, водоразделами, склонами речных долин, балками и оврагами, надпойменными террасами, поймами рек, днищами балок и зандровой равниной на северо-востоке»

Территория Белгородской области относится к бассейнам двух морей: Чёрного (западная часть области) и Азовского (центральная и восточная часть области). Область относится к числу маловодных. Это связано не только с количеством осадков, но и с рельефом области. Она расположена в пределах водораздельной части среднерусской возвышенности, поэтому практически все протекающие здесь реки начинаются в пределах области. В качестве исключения из этого правила обычно называют две реки — Оскол и Убля, начинающиеся в Курской области. Но есть и некоторые другие, более мелкие реки, начинающиеся за пределами области. Это приток Ворсклы Грайворонка, начинающаяся в Харьковской области. Также несколько притоков реки Илек начинаются в Сумской области. Реками, озёрами, болотами занято около 1 % ее территории. Здесь протекает более 480 малых рек и ручьёв. Наиболее крупные из них на северо-западе — Северский Донец, Ворскла, Ворсклица, Псёл, в восточных районах — Оскол, Тихая Сосна, Чёрная Калитва, Валуй.

Общая протяжённость речной сети — 5000 км.



Рисунок 1.3. Гидрогеологическая карта Белгородской области.

### 1.3 Климат региона исследования

Белгородская области удалена от экватора в среднем на  $45\text{--}50^\circ$  и ее географическое положение обуславливают значительное количество солнечной радиации, которая поступает на 1 кв. метр горизонтальной поверхности, при средних условиях облачности, – около 4000 МДж.

На степень перемещения воздушных масс на территории области оказывают влияние два фактора:

- 1) увеличение величины атмосферного давления с северо-запада на юго-восток на всей территории Центрально-Черноземной области;
- 2) прохождение полосы высокого давления в ее юго-восточной части.

Первая причина обусловлена наибольшей разницей температур между

морем и сушей вследствие резкого охлаждения поверхности земли и образованием горизонтальных потоков воздушных масс на значительной территории Центрально-Черноземной области.

За счет наличия таких факторов зимой на территории Белгородской области можно наблюдать, преимущественно, восточные ветры, особенно часто это наблюдается в юго-восточной ее части.

Летний период характеризуется преобладанием континентального воздуха умеренных широт над территорией области, который приносят западные и северо-западные ветры. Такая атмосферная циркуляция обусловлена тем, что территория области находится во власти восточной части азорского антициклона, который перемещается в летний период в более северные широты вплоть до  $50^{\circ}$  с. ш.

Переходные сезоны года характеризуются преобладанием воздушных масс умеренных широт над территорией области. В весенний период сохраняется господство ветров восточного происхождения, осенью – западного. Среднегодовая скорость ветра по области равна 3,8–4,8 м/сек. Туманы свойственны холодному времени года, летом они редки и непродолжительны. Чаще всего туманы наблюдаются в утренние часы.

Температурный режим на территории области образован под влиянием поступающей солнечной радиации и приходящих воздушных масс. Среднегодовая температура воздуха в области изменяется от  $(+5,4^{\circ}\text{C})$  на севере (Богородицкое-Фенино) до  $(+6,7^{\circ}\text{C})$  на юго-востоке (Валуйки). Самым холодным месяцем является январь. Средняя температура воздуха колеблется от  $(-9,2^{\circ}\text{C})$  на севере (Богородицкое-Фенино), до  $(-8,5^{\circ}\text{C})$  в центральных районах (Белгород) и  $(-8,1^{\circ}\text{C})$  на юго-востоке (Валуйки). Безморозный период длится в среднем от 154 до 163 дней. Все это зависит от местоположения пункта и наблюдаемой местности.

Одной из важных характеристик климата, являются атмосферные осадки. Максимальная величина осадков выпадает на территории западных и северных районов области и в среднем равна 540–550 мм. С передвижением с

запада на восток и юго-восток величина осадков постепенно снижается. Для Белгородской области характерно колебание количества выпавших осадков не только в разные годы, но и по сезонам года. За апрель - октябрь на всей территории области выпадает 65% годового количества.

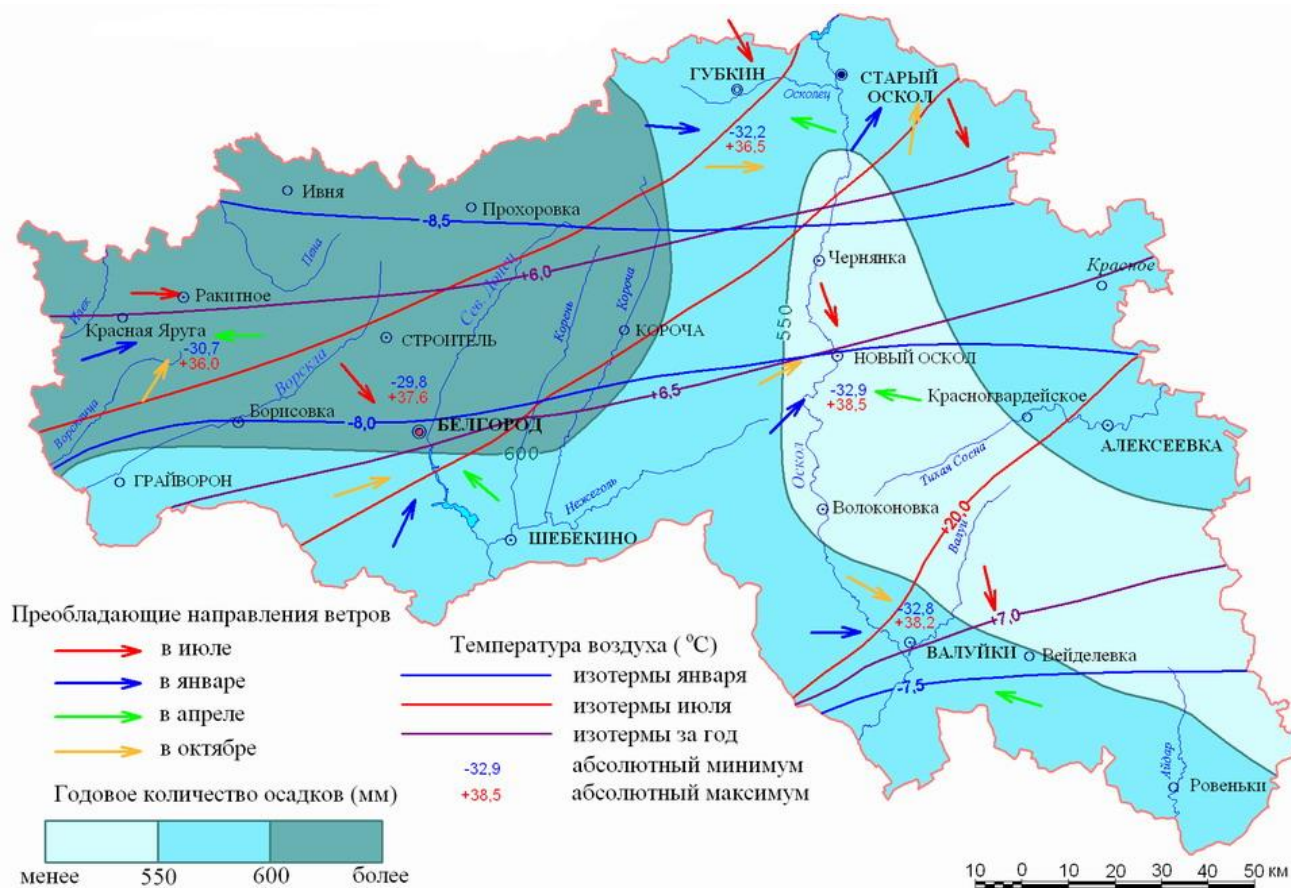


Рисунок 1.4. Карта климатических условий Белгородской области.



## 2. Обработка данных о микроклимате Белгородской области

Метеорологическая информация в Белгородской области измеряется на 6 метеостанциях, расположенных в различных районах. Для анализа необходимы климатические данные. Такая информация была получена в открытых источниках в интернете, а также из Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».



Рисунок 2.1. Карта Белгородской области с отмеченными метеостанциями. 1 - Готня, 2 - Богородицкое Фенино Им. И.А. Пульмана, 3 - Старый Оскол, 4 - Новый Оскол, 5 - Валуйки, 6 - Белгород.

## 2.1. Инструменты для обработки данных

Для обработки данных используется код на языке программирования Python, который удобен из-за простоты синтаксиса и определённых библиотек, специально созданных для удобной работы с данными и реализации различных алгоритмов.

Для обработки данных необходимы библиотеки: NumPy и Pandas. Быстрые и универсальные концепции векторизации, индексации NumPy сегодня фактически являются стандартами массивных вычислений. Также данная библиотека предлагает комплексные математические функции, генераторы случайных чисел, процедуры линейной алгебры, преобразования Фурье и многое другое. Pandas — это библиотека Python для обработки и анализа структурированных данных, её название происходит от «panel data» («панельные данные»). Панельными данными называют информацию, полученную в результате исследований и структурированную в виде таблиц. Для работы с такими массивами данных и создан Pandas.

Matplotlib - очень мощная библиотека для построения графиков, полезная для тех, кто работает с Python и NumPy. А для статистического вмешательства становится очень необходимым визуализировать наши данные, и Matplotlib — это инструмент, который может быть очень полезен для этой цели. Он предоставляет интерфейс, подобный MATLAB, с той лишь разницей, что он использует Python и имеет открытый исходный код. Seaborn является полезным дополнением к Matplotlib, расширяя возможности в визуализации данных.

## 2.2. Климатические данные по температуре

Массив был получен из Белгородского ЦГМС. Данные представляют собой среднемесячные температуры по месяцам за несколько десятков лет, следует отметить то, что на станции Богородицкое Фенино измерения

проводятся с 1890 г., на остальных станциях с 1951 г. Пример таблице приведен ниже (Таблица 2.1).

Таблица 2.1. Средняя температура за месяц на станции Богородицкое Фенино.

годы	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	сумма	средн
Норма	-8.8	-7.8	-2.4	7.2	14.3	17.6	18.9	17.9	12.5	5.8	-0.4	-5.2	69.6	5.8
1890	-7.4	-8.8	0.7	9.2	16.1	17.7	22.8	22.3	15.3		-4.9	-13.8	69.2	
1891	-14.2	-9.4	0.5	5.8	15.5	18.6	23.5	19.8	13.0	6.6	-5.3	-3.7	70.7	5.9
1892	-11.8	-4.9	-3.6	5.4		20.1	19.6				-2.1	-9.3	13.4	
1893	-17.8	-10.3	-3.2	0.8	12.3	16.9	19.7	18.8	13.6	7.3	-0.2	-5.5	52.4	4.4
1894	-11.1	-6.3	-2.5	4.8	14.5	15.0	19.2	18.9	9.4	4.7	-1.6	-6.5	58.5	4.9
1895	-5.6	-9.2	-1.9	3.7	12.3	17.3	21.0	19.6	12.6				69.8	
1896		-10.2	-4.3	0.1	13.0	19.0	18.6	20.0	13.7		-3.5	-7.2	59.2	
1897			-2.3	7.2	17.6						-3.1	-10.4	9.0	

В данных имеются пропуски. Необходимо подобрать алгоритм заполнения данных пропусков для последующего анализа. Для данной задачи был выбран алгоритм вычисления экспоненциально взвешенного значения, с условием halflife (“период полураспада”) равным 1. С данной переменной появляется возможность указать разложение с точки зрения периода полураспада и используется следующее выражение:

$\alpha = 1 - \exp(-\ln(2)/halflife)$ , где halflife > 0. Если указано время, единица времени, в течение которой наблюдение затухает до половины своего значения. Применимо только к среднему, и значение периода полураспада не будет применяться к другим функциям. Полученные значения после вычисления были вставлены вместо пропусков в данных. Для наглядности был выведен следующий график (Рисунок 2.2):





Рисунок 2.2. Визуализация среднемесячных температур по данным станции Богородицкое Фенино с 1890 г.

Также были вычислены сумма, средние значения за весь год и скользящее среднее за 30 лет для дальнейшего анализа микроклиматической изменчивости. Такой алгоритм использовался для обработки данных о среднемесячной температуре для всех станций в Белгородской области. Полученный результат представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3. График среднегодовых температур, усредненных за 30 лет, по данным станции Старый Оскол, с климатической нормой.

Для анализа изменения тренда на основе графика был использован полином 2 степени для аппроксимации полученной усредненной линии, (Рисунок 2.4).



Рисунок 2.4. График среднегодовых температур, усредненных за 30 лет, по данным станции Готня, с климатической нормой и аппроксимирующим полиномом 2 степени.

Для обработки данных о максимальной температуре были использованы аналогичные алгоритмы. Стоит отметить, что для заполнения пропусков был использован алгоритм экспоненциально взвешенных средних с условием *halflife* равным 10, в отличие от прошлого случая, где он составлял 1. Это обусловлено меньшей изменчивостью максимальных и минимальных годовых значений температуры. Для анализа тренда также использовался полином второй степени, что представлено на (Рисунке 2.5).

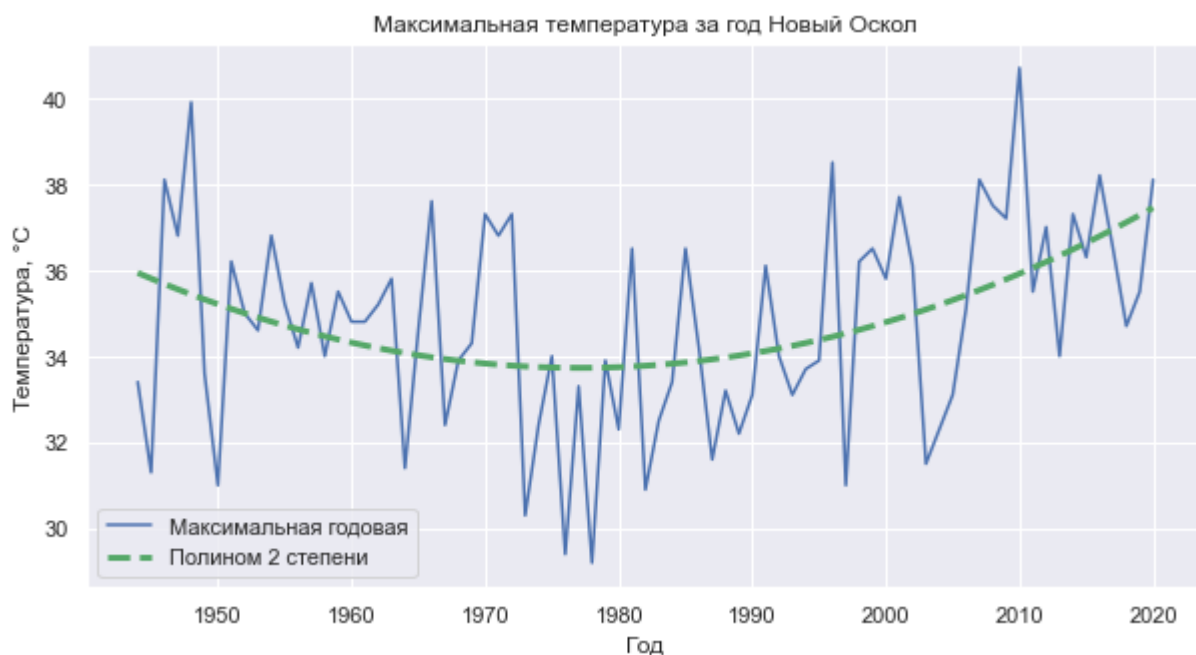


Рисунок 2.5. График максимальных температур за год, по данным станции Новый Оскол, с аппроксимирующим полиномом 2 степени.

Абсолютно аналогичный алгоритм использовался для обработки данных о минимальных температурах, (Рисунок 2.6).



Рисунок 2.6. График минимальных температур за год, по данным станции Валуйки, с аппроксимирующим полиномом 2 степени.

### 2.3. Климатические данные по осадкам

Данные по осадкам представляют собой месячные суммы осадков в миллиметрах. Измерения на станциях Богородицкое Фенино и Старый Оскол проводятся с 1890 г, на остальных станциях с 1937-1942 гг. Пример таблицы с данными метеостанции Белгород.

Таблица 2.1. Сумма осадков за месяц на станции Белгород.

годы	Январ	Февра	Март	Апрел	Май	Июнь	Июль	Август	Сентя	Октяб	Ноябр	Декаб	Год
норма	52.0	40.0	36.0	46.0	48.0	67.0	72.0	53.0	49.0	40.0	52.0	50.0	605.0
1937					4.0	47.7	29.9	90.4	28.5	31.2	62.9	78.2	
1938	41.5	19.0	26.2	72.2	28.7	60.5	58.5	15.0	13.7	34.2	32.1	7.0	408.6
1939	37.9	18.7	43.8	25.4	36.9		41.0	18.2	7.8	65.7	57.6	36.1	
1940	18.0	22.3	48.9	40.4	55.9	55.4	90.9	83.4	53.7	51.8	43.1	14.4	578.2
1941	31.7	47.7	44.2	45.0	100.8	126.8	141.6	117.9					
1942													
1943													
1944	20.0	24.7	45.9	20.9	24.5	46.1	107.0	22.8	11.5	2.1	50.7	9.1	385.3
1945	13.7	10.7	18.8	17.2	64.4	76.7	80.4	102.8	21.1	78.7	18.4	10.1	513.0
1946	9.6	34.8	18.5	12.1	14.8	3.5	59.8	25.8	23.9	40.0	23.4	13.9	280.1
1947	11.3	31.0	28.6	98.7	60.2	29.1	27.3	132.2	55.6	46.3	62.6	94.8	677.7
1948	51.6	43.4	9.7	11.2	43.6	77.8	75.3	55.6	40.7	48.0	59.1	3.2	519.2
1949	17.3	7.5	31.3	29.3	4.0	89.6	84.4	19.4	16.7	10.3	41.0	48.7	399.5
1950	8.2	37.5	20.3	6.0	32.1	82.6	74.6	37.3	49.1	77.0	44.1	16.3	485.1

В данных имеются пропуски. Для заполнения пропусков используется экспоненциально взвешенное среднее значение с параметром halflife равным 1, пример полученной графика представлен ниже,( Рисунок 2.7).



Рисунок 2.7. График сумм осадков за август на станции Богородицкое Фенино.

В дальнейшем были взяты суммы осадков за год, рассчитан полином второй степени для анализа тренда и климатическая норма, что и представлено на графике (Рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 График годовых сумм осадков на станции Готня.

#### 2.4. Другие имеющиеся данные

Для работы использовались данные, полученные из открытых источников. В открытом доступе были найдены файлы по климатологии Белгородской области по месяцам разделены на отрезки по 30 лет и усреднены изначально, с 1901 года и до 2020 года. Получено 4 массива данных, которые были объединены в одну таблицу для удобной работы и визуализации, как по температуре, так и по осадкам.

Данные по продолжительности солнечного сияния на станциях Валуйки и Богородицкое Фенино не имеют пропусков и готовы к анализу.

Для анализа ветровых характеристик по станциям, решено было использовать данные из научно-прикладного справочника “Климат России” 2018 г. В базе данных были найдены различные данные о ветре, усредненные за 50 лет, с 1966 года по 2016 год.

Дополнительная обработка данных, перечисленных в этом пункте, не потребовалась.

### 3 Анализ метеорологических данных Белгородской области

#### 3.1 Температурный режим Белгородской области.

Для анализа изменения температуры в течении несколько лет, были выбраны данные о среднемесячной температуре по месяцам, отрезками по 30 лет, начиная с 1901 до 2020 (Рисунок 3.1).

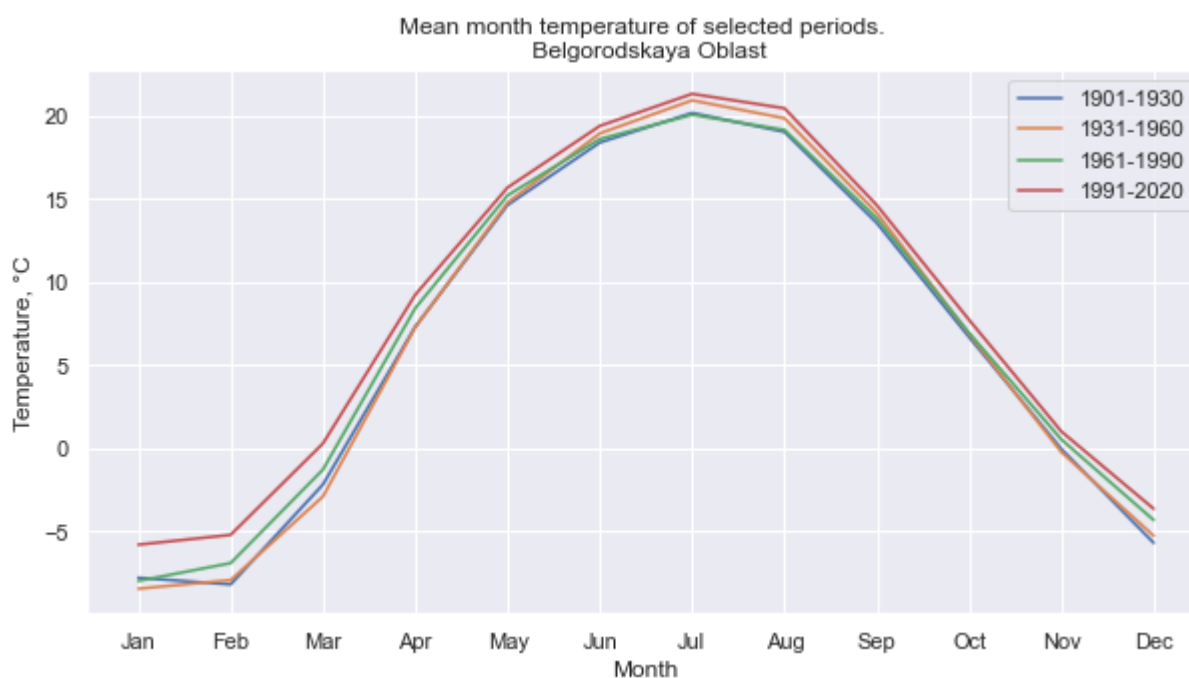


Рисунок 3.1. Среднемесячная температура по месяцам за указанные периоды.

По данному графику мы видим, что средняя температура по месяцам сильно изменяется. Расхождение по участкам в 30 лет очень разниться по месяцам. В весенний и осенний период расхождение в средних значениях температуры минимально и составляет в среднем не более 1 градуса цельсия. Тогда как в летнее время расхождение увеличивается до 1,5-2 градусов. Однако наибольшее расхождение возникает в зимнее время. В феврале первый и последний отрезок в 30 лет расходятся по среднему значению на 2,5-3 градуса.

В период 1901-1990 г. сложно выделить какой то явно выраженный тренд по



повышению или понижению температуры за все месяцы. Однако в 1991-2020 годы были зафиксированы большие значения температуры, чем в предыдущие 90 лет.

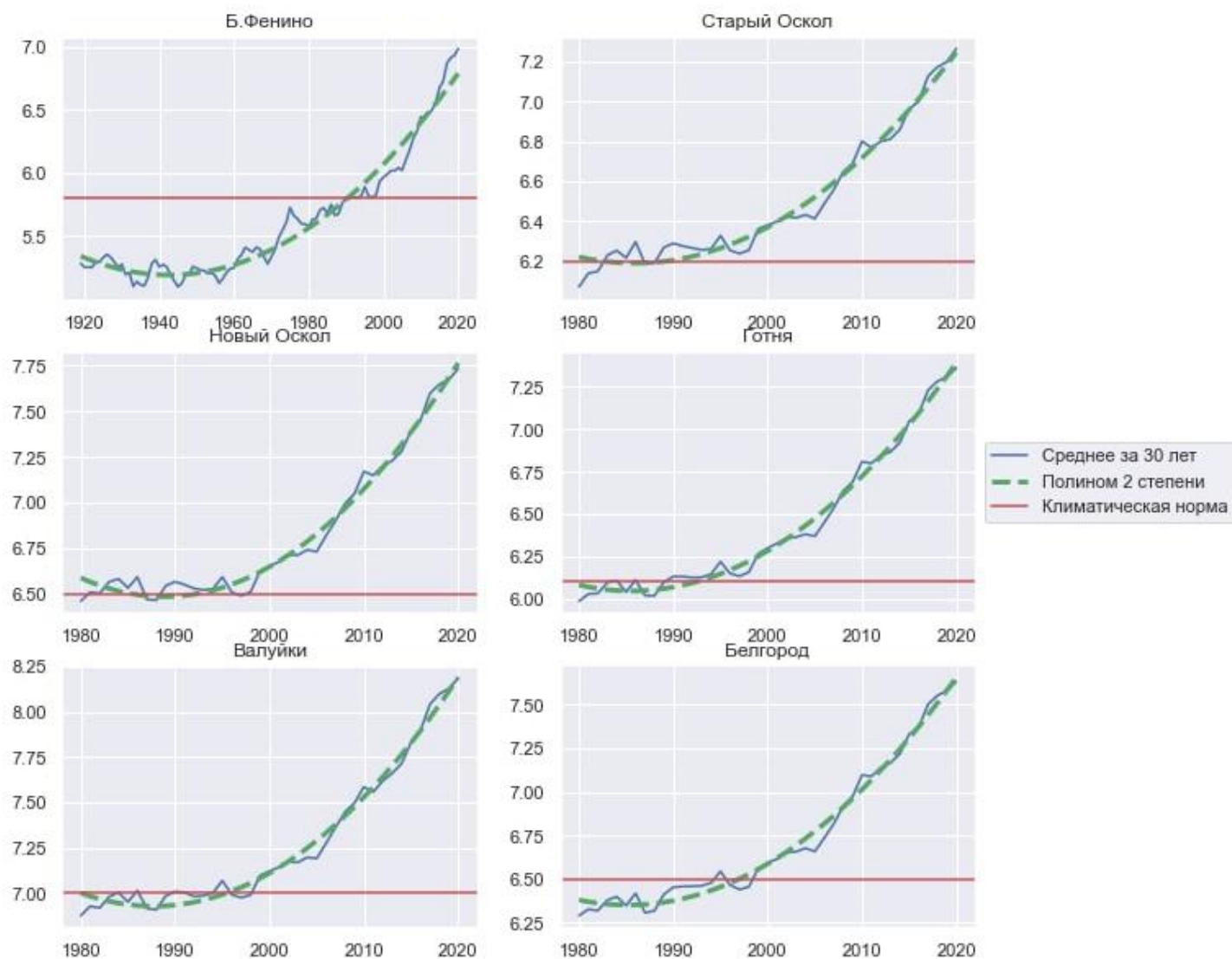


Рисунок 3.2 Средняя годовая температура за последние 30 лет по станциям Белгородской области.

На всех станциях Белгородской области наблюдается большой рост среднегодовой температуры за последние 20 лет. (Рисунок 3.2) Среднегодовая температура в 2020 году в среднем на один градус по Цельсию выше, чем в двухтысячном году. Согласно ежегодному докладу Росгидромета о состоянии климата в стране обновилась оценки скорости изменения климата, которые говорят о нарастании изменений. Прирост температуры выше среднемирового

показателя, который находится на уровне 0.18 градуса.

В период 1980 - 1995 г. на большинстве станций среднегодовая температура была в климатической норме. Единственной станцией, фиксирующей значения ниже климатической нормы была станция “Б. Фенино”

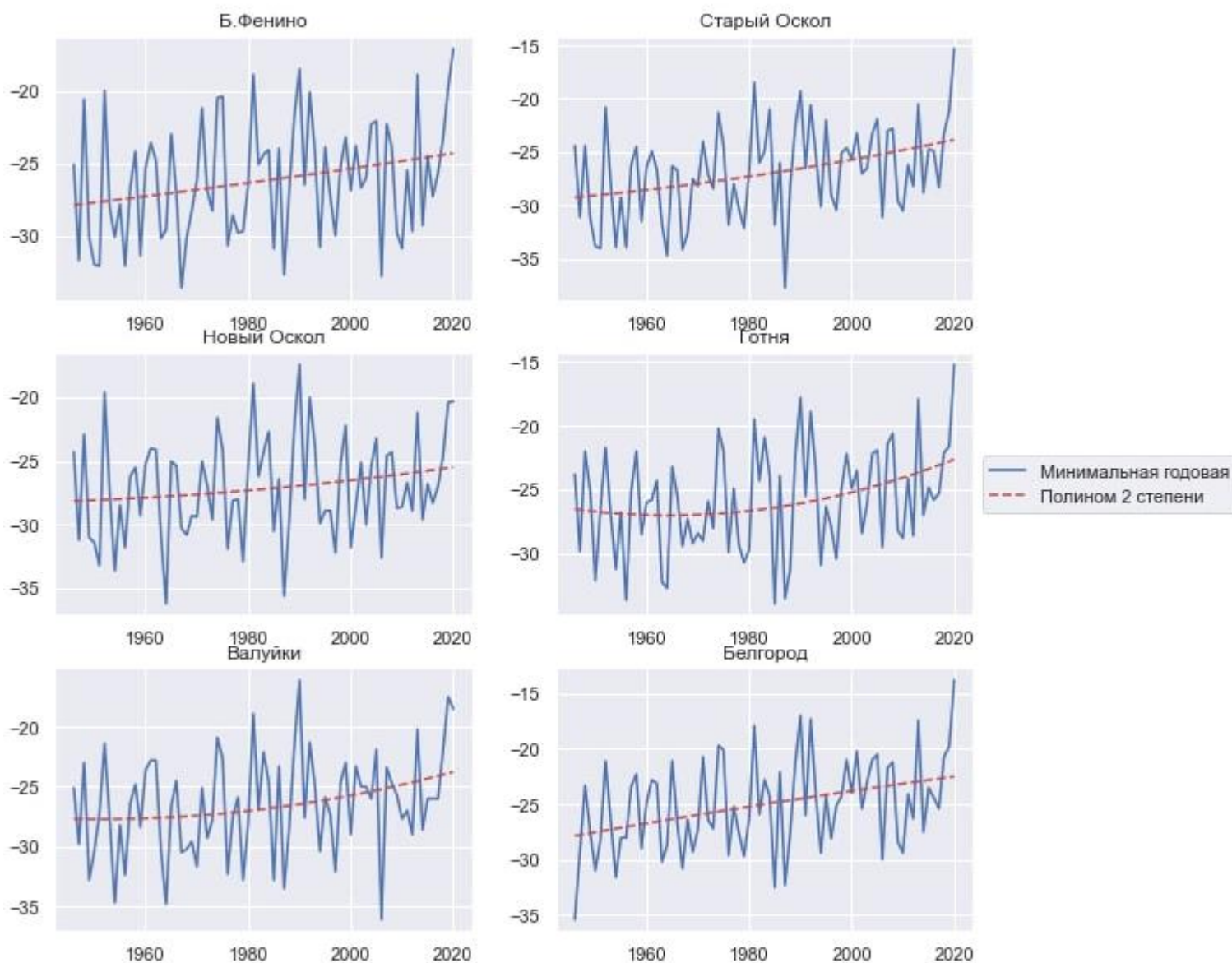


Рисунок 3.3 Минимальная годовая температура по станциям Белгородской области.

Все станции показывают постепенное повышение минимальных значений температур, что и обуславливает восходящую линию тренда (Рисунок 3.3). Однако, если большинство станций показывает практически

прямую линию тренда, которая характеризует постоянное постепенное повышение минимальной температуры, то есть исключение, которое составляет станция “Валуйки” которая не фиксировала повышение минимальной температуры в период до 1970 года. Станция же “Готня” до 1970 года фиксировала понижение минимальной температуры воздуха.

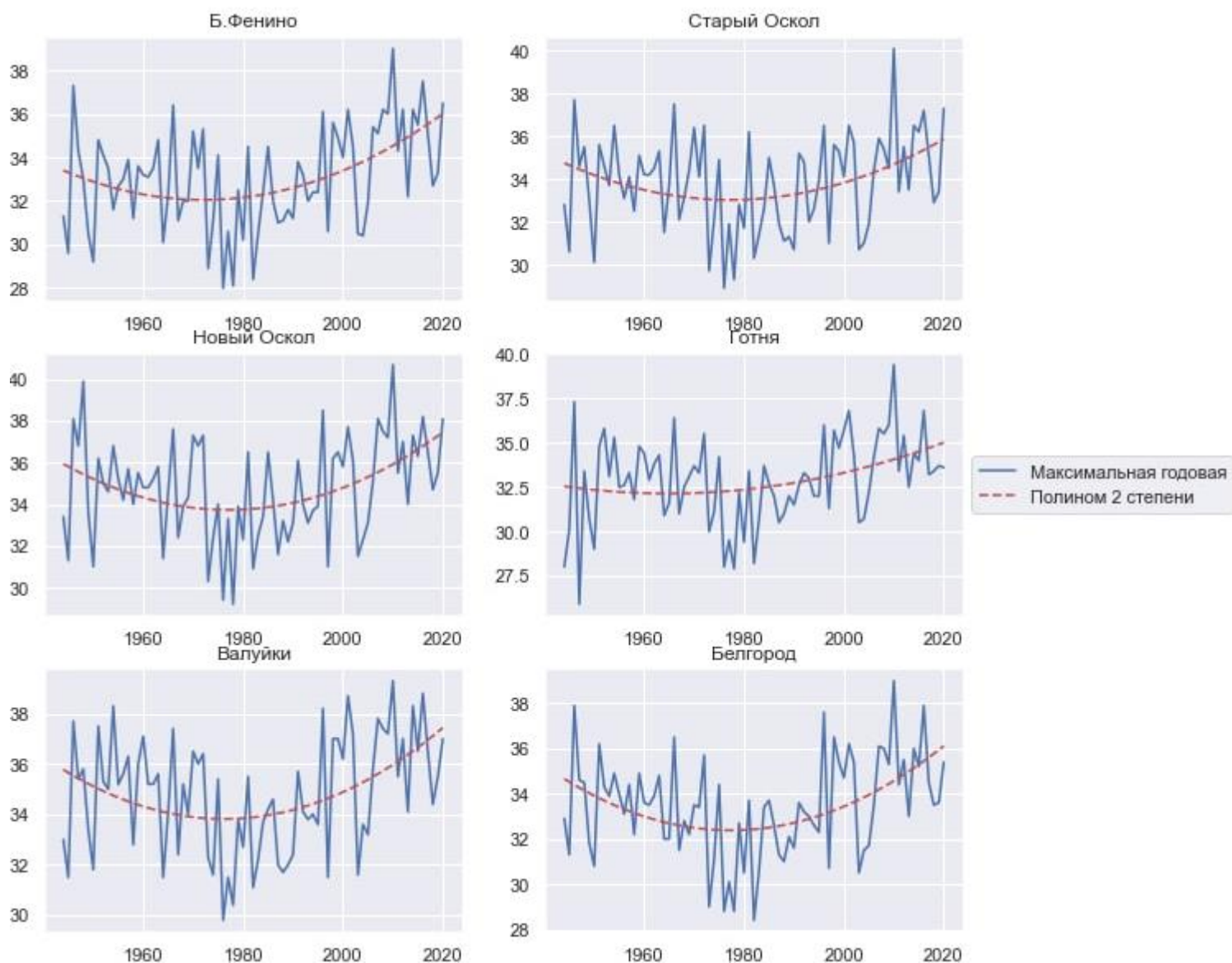


Рисунок 3.4 Максимальная годовая температура по станциям Белгородской области.

По графикам максимальной температуры (Рисунок 3.4), можно заметить, что все станции в большей или меньшей степени фиксировали

снижение максимальной годовой температуры до 1980 года.

В 1976 и 1978 годах наблюдался очень низкие значения максимальной температуры на всех станциях.

В период с 1980 - 2020 года явно выраженный тренд на поднятие как минимальной так и максимальной температуры что мы и видим при анализе данных о средней годовой температуры. Наибольший рост отмечается в холодном полугодии.

### 3.2 Климатические данные по количеству осадков.

Годовые суммы осадков  
Станции Белгородской Области

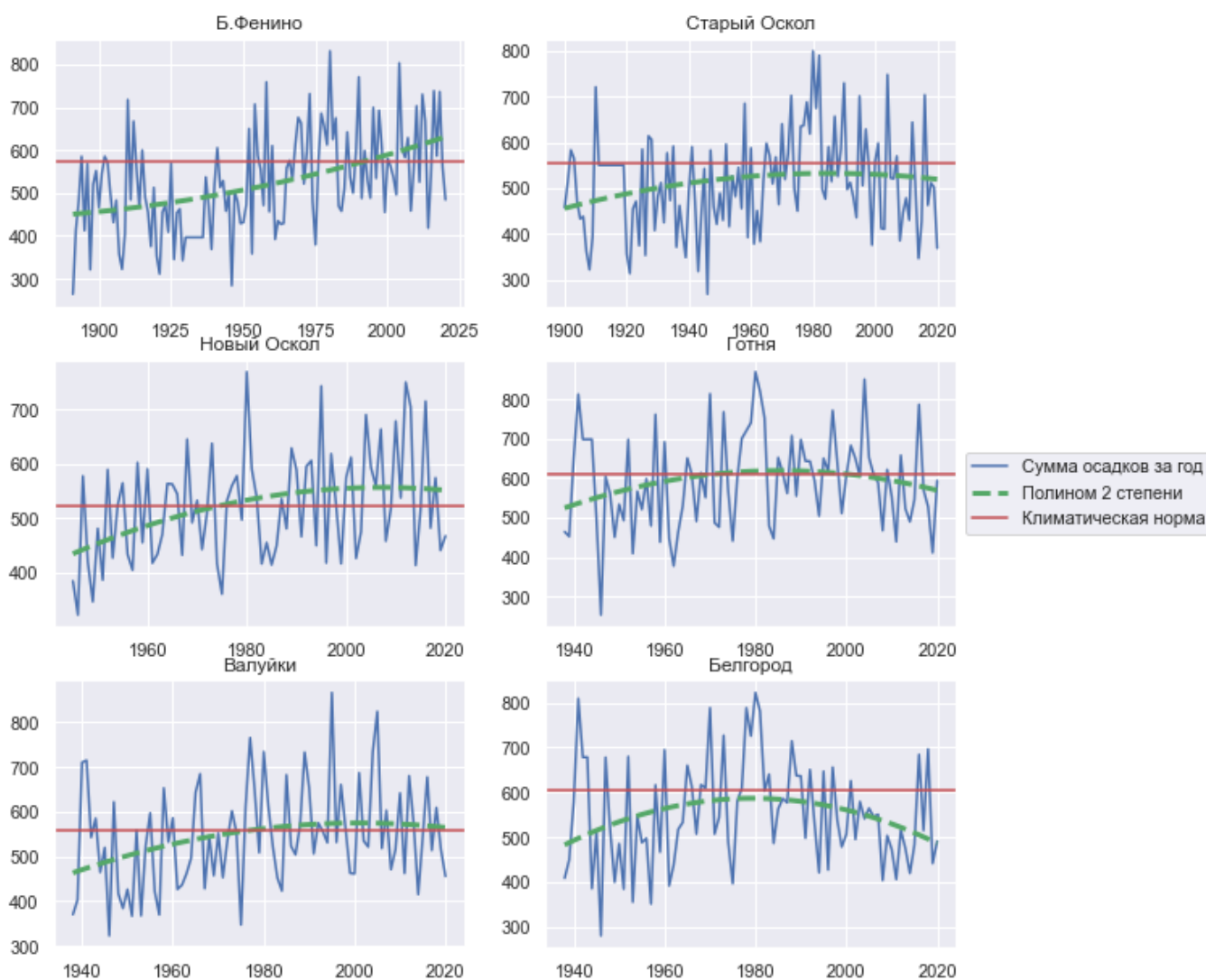


Рисунок 3.5 Суммарное количество осадков по станциям Белгородской области.



По графикам годовых осадков (Рисунок 3.5), можно сказать, что на станции “Б. Фенино” наблюдается постепенное повышение количества осадков с 1900 года. До 1985 года количество осадков было ниже климатической нормы, после чего достигло данного значения и постепенно начало её превышать. Похожая ситуация наблюдается и на станциях “Новый Оскол” и “Валуйки”, но данные с последней станции минимально превышают климатическую норму и можно сказать, что совпадают с ней.

На станциях же “Старый Оскол” и “Белгород” Средние значения по осадкам постепенно возрастало до 1980 года и после этого начало снижаться, так и не достигнув значения климатической нормы. Станция “Готня” фиксировала схожее значение, но в отличии от предыдущих с 1970 по 2005 год среднее значение осадков было максимально приближенно к климатической норме.

### 3.3 Климатические данные по продолжительности солнечного сияния.

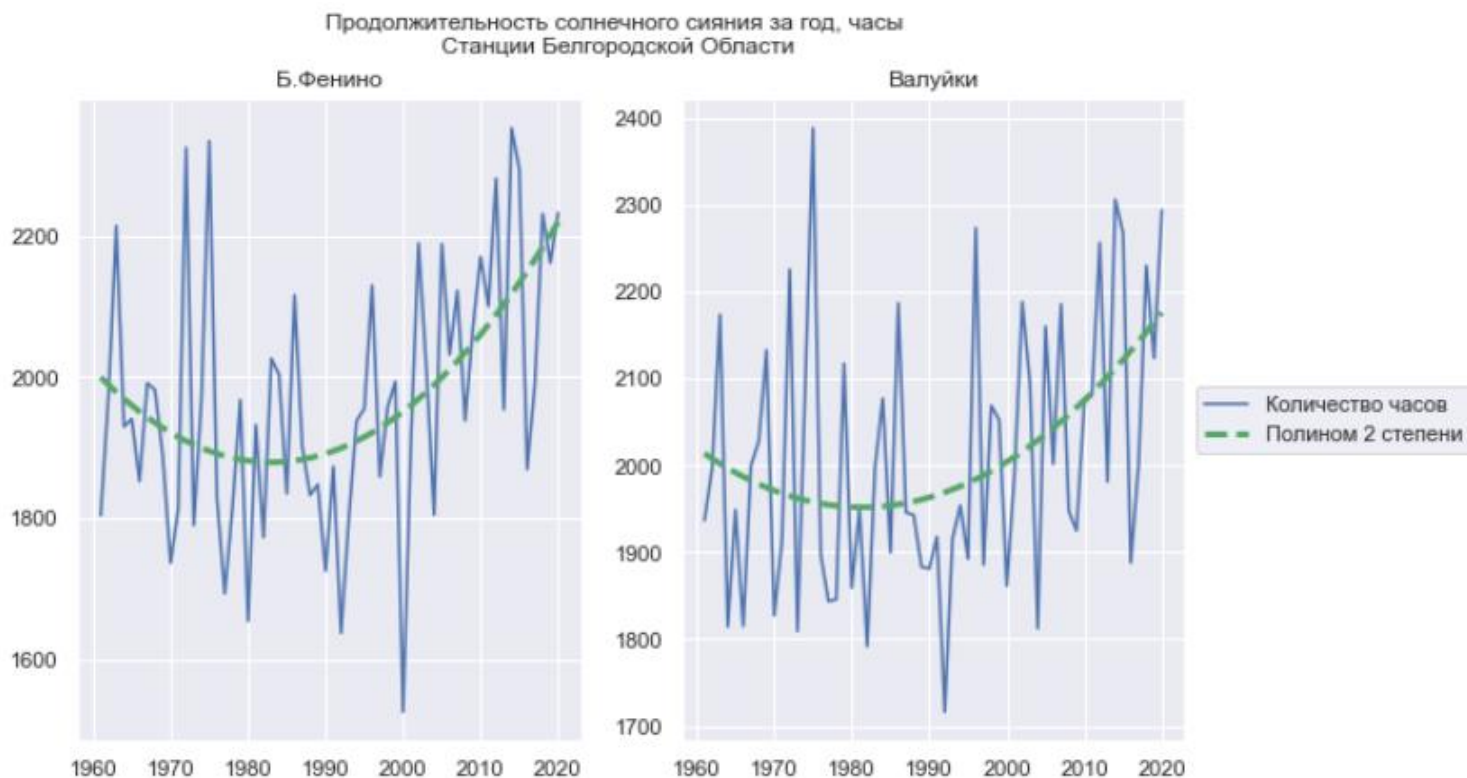


Рисунок 3.6 Годовое количество солнечных часов на станциях.

По графикам (Рисунок 3.6) видно, что количество солнечных часов постепенно снижалось до 1985 года. После чего начало увеличиваться до 2020 года. Минимальное значение на станции “Б. Фенино” приходится на 2000 год и составляет 1550 часов, тогда как на станции “Валуйки” в этом году было 1880 часов, что не является минимальным значениям количества солнечных часов на данной станции. Максимальны значения на станции “Валуйки” приходятся на 1974 год, когда количество солнечных часов составило 2380 часов, тогда как на станции “Б. Фенино” в этот год было 2340 часов, что показывает схожий результат. Из этого можно сделать вывод, что 1974 год был более солнечным чем остальные и обе станции это зафиксировали.

### 3.4 Режим ветра Белгородской области

#### 3.4.1 Характер атмосферной циркуляции в Белгородской области

Большое значение в формировании климата имеет атмосферная циркуляция. Основные изменения погоды в значительной степени зависят от ветров. Ветры в свою очередь возникают из-за постоянного изменения барометрического давления. Над юго-восточной частью Белгородской области находится полоса повышенного атмосферного давления, так называемая ось Воейкова. Эта ось проходит через Валуйки, Алексеевку и далее в сторону Саратова, простирается через всю Евразию приблизительно вдоль 50-й параллели. Зимой играет важную климатообразующую роль, являясь большим ветроразделом. На севере Восточно-Европейской равнины действие оси Воейкова подчеркивается Исландским минимумом. Их соседство усиливает здесь западный перенос, несущий влажные и относительно теплые воздушные массы. К югу от оси Воейкова дуют северо-восточные и восточные ветры. Они несут сухой и холодный континентальный воздух умеренных широт из Азиатского максимума. В летний период ось находится в ослабленном состоянии и теряет свое ветрораздельное значение. Она начинает

поддерживаться не Сибирским антициклоном, а Азорским антициклоном, со стороны которого на восток движутся антициклоны.



Рисунок 3.6 Метеорологические параметры Января и ось Воейкова на территории Белгородской области.

### 3.4.2 Исследование скорости ветра по месяцам и годам

Само понятие ветра обозначает горизонтальное движение воздушного потока над поверхностью земли.

Ветры различаются по скорости, следовательно и по силе. Сила ветра зависит от разности давления над прилегающими участками, чем больше эта разность, тем сильнее ветер. Направление ветра определяется флюгером и устанавливается по той стороне света, с которой он дует.

Большое влияние на суточный ход скорости ветра оказывает рельеф местности, скорость ветра в нижних слоях уменьшается. В зависимости от расположения региона исследования и местных условий существует также



ежегодное изменение скорости ветра.

Дующие на поверхности ветры делятся на несколько видов. Ветры циклонов и антициклонов, локальные ветры, являющиеся частью общей циркуляции атмосферы - первый вид. Вторым видом ветров являются местные ветры, они отличаются от основного характера общей циркуляции атмосферы, влияют на погодный режим рассматриваемого района. Возникают в связи с расположением в регионе больших водоемов и резким изменением рельефа, также с изменением общей циркуляции атмосферы.

Сильное влияние на приземный ветер оказывают такие факторы как растительность, рельеф и плотная застройка. В связи с этим существуют отличия данных в пределах ограниченной территории.

Распространение данных о ветре может производиться только на области, условия на которых подобны тем, где производятся измерения. Допустим, для равнины данные по ветру можно брать с метеорологических площадок находящихся в пределах этой равнины. Если же площадка находится в низине, то и данные с этой станции можно переносить только на низины.

Динамический и термодинамический факторы оказывают влияние на воздушный поток открытых площадок. Динамический проявляется в изменении направления и скорости из-за механического воздействия различного рельефа. Термодинамический проявляется в возникновении локальной циркуляции исследуемого региона.

На холмах и наветренных склонах можно наблюдать более сильный ветер, в то время как за препятствиями, такими как крутые склоны и низины, скорость ветра снижается.

1) Метеостанция Белгород находится на юго-западе Белгородской области (50.63 с.ш. 36.58 в.д.)

Высота станции над уровнем моря - 223 метра.

В январе на метеостанции Белгород средняя скорость ветра 4,4 метра в секунду с порывами до 9,3 метров в секунду.

В июле на метеостанции Белгород средняя скорость ветра 3,3 метра в секунду с порывами до 7,1 метров в секунду (Таблица 3.1).

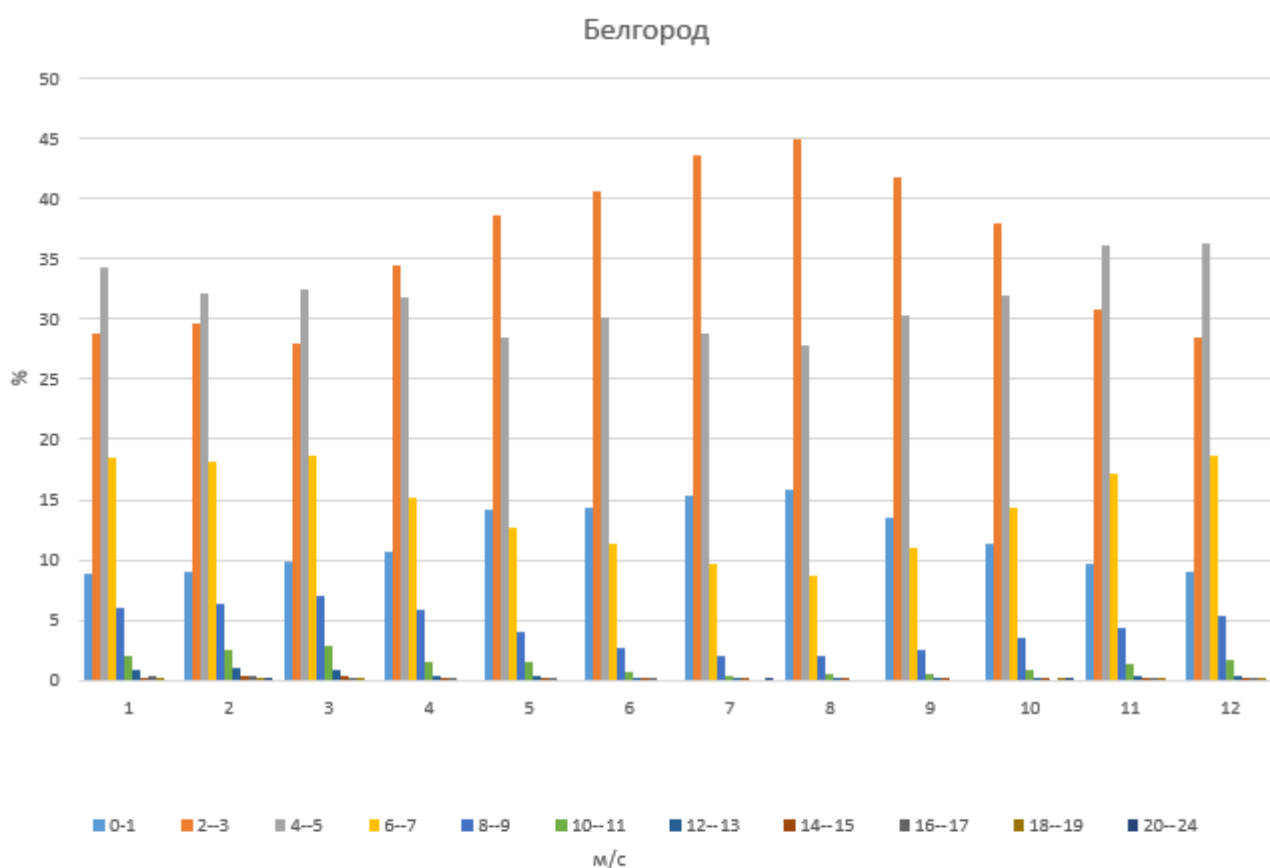


Рисунок 3.7 Вероятность различных градаций скорости ветра на станции Белгород

2) Метеостанция Новый Оскол находится в центре Белгородской области (50.75 с.ш. 37.87 в.д.)

Высота станции над уровнем моря - 139 метров.

В январе на метеостанции Новый Оскол средняя скорость ветра 3,2 метра в секунду с порывами до 7,8 метров в секунду.

В июле на метеостанции Новый Оскол средняя скорость ветра 2,1 метра в секунду с порывами до 7,1 метра в секунду (Таблица 3.1).

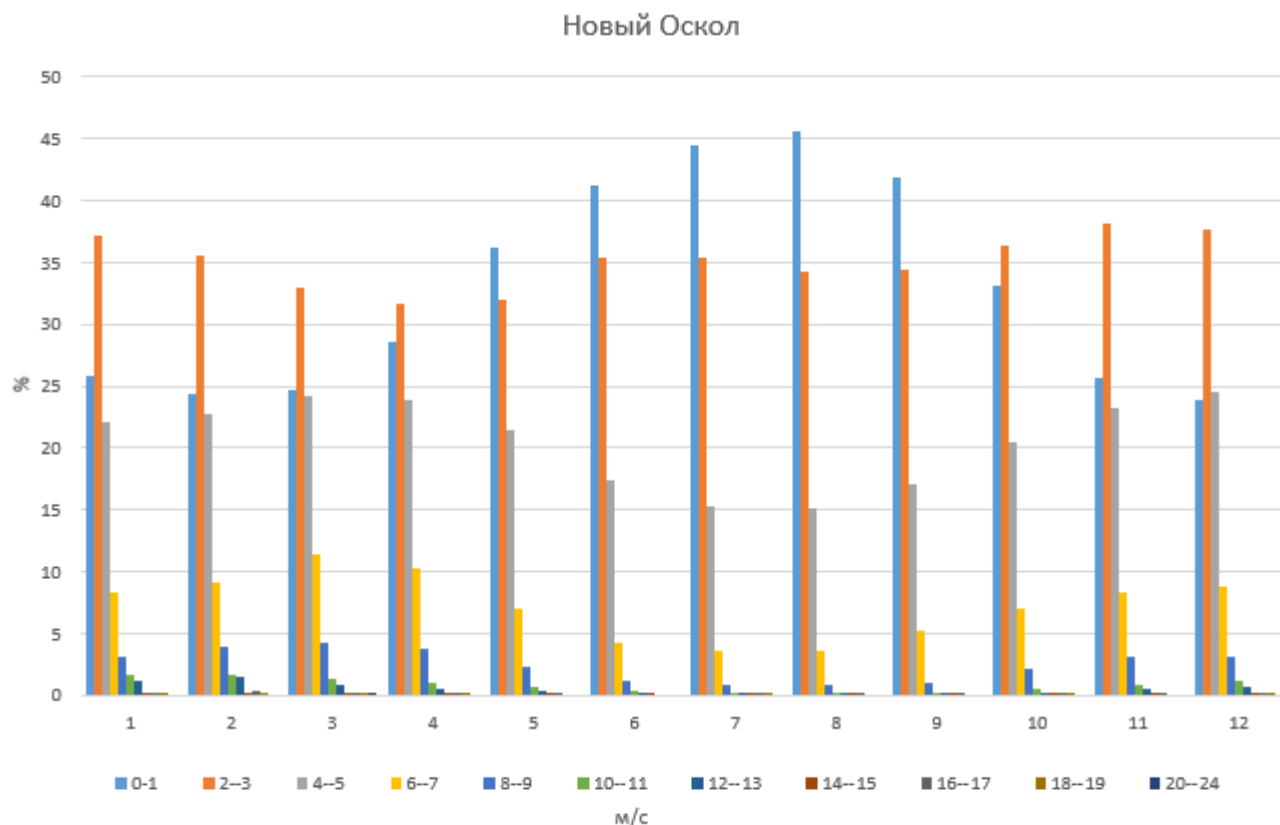


Рисунок 3.8 Вероятность различных градаций скорости ветра на станции Новый Оскол

3) Метеостанция Готня находится на западе Белгородской области (50.80 с.ш. 35.77 в.д)

Высота станции над уровнем моря - 225 метров.

В январе на метеостанции Готня средняя скорость ветра 3,8 метров в секунду с порывами до 10,2 метров в секунду.

В июле средняя скорость ветра составляет 2,6 метров в секунду с порывами до 7 метров в секунду (Таблица 3.1).

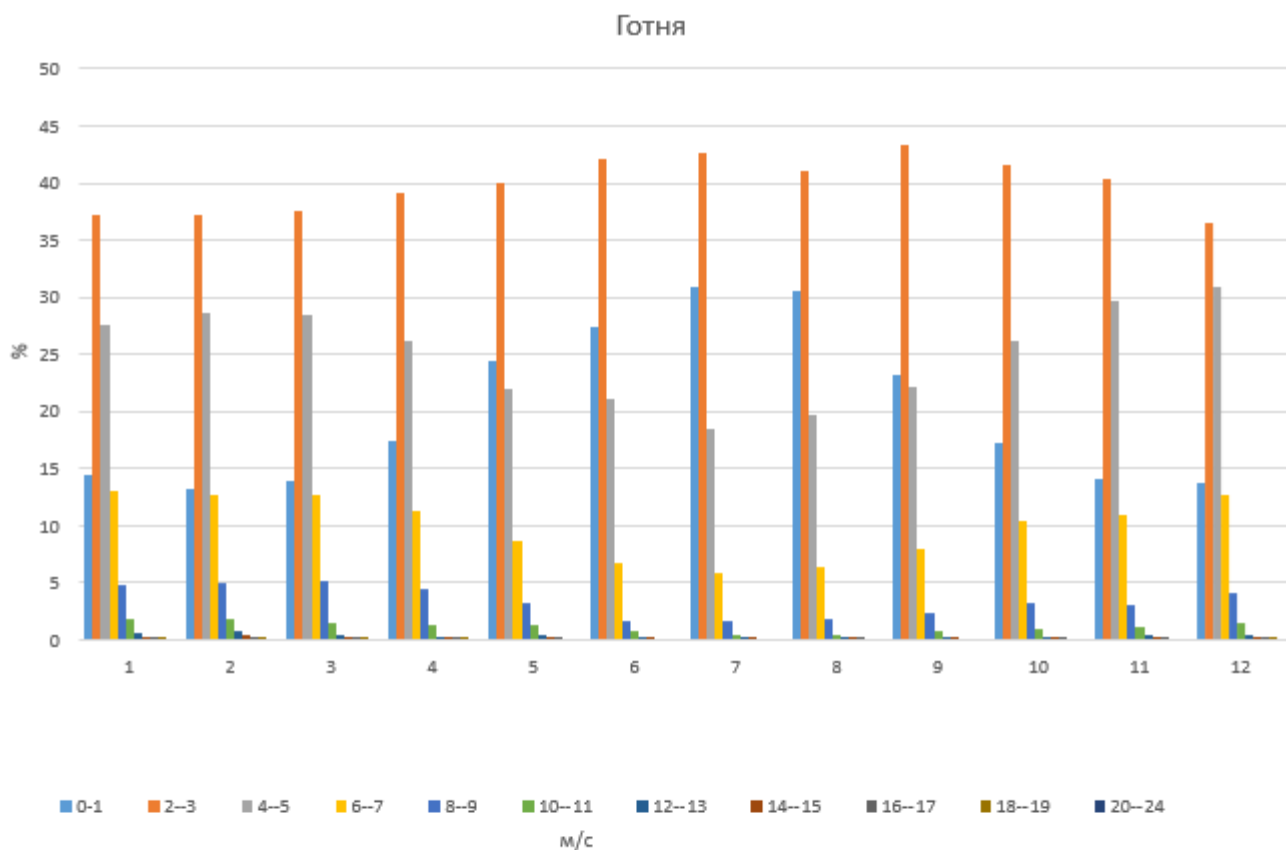


Рисунок 3.9 Вероятность различных градаций скорости ветра на станции  
Готня

4) Метеостанция Старый Оскол находится на севере области (51.30 с.ш. 37.88 в.д.).

Высота станции над уровнем моря - 216 метров.

В январе на метеостанции Старый Оскол средняя скорость ветра 4,1 метра в секунду с порывами до 11,5 метров в секунду.

В июле на территории метеостанции средняя скорость 2,9 метра в секунду с порывами 8,6 метров в секунду (Таблица 3.1).

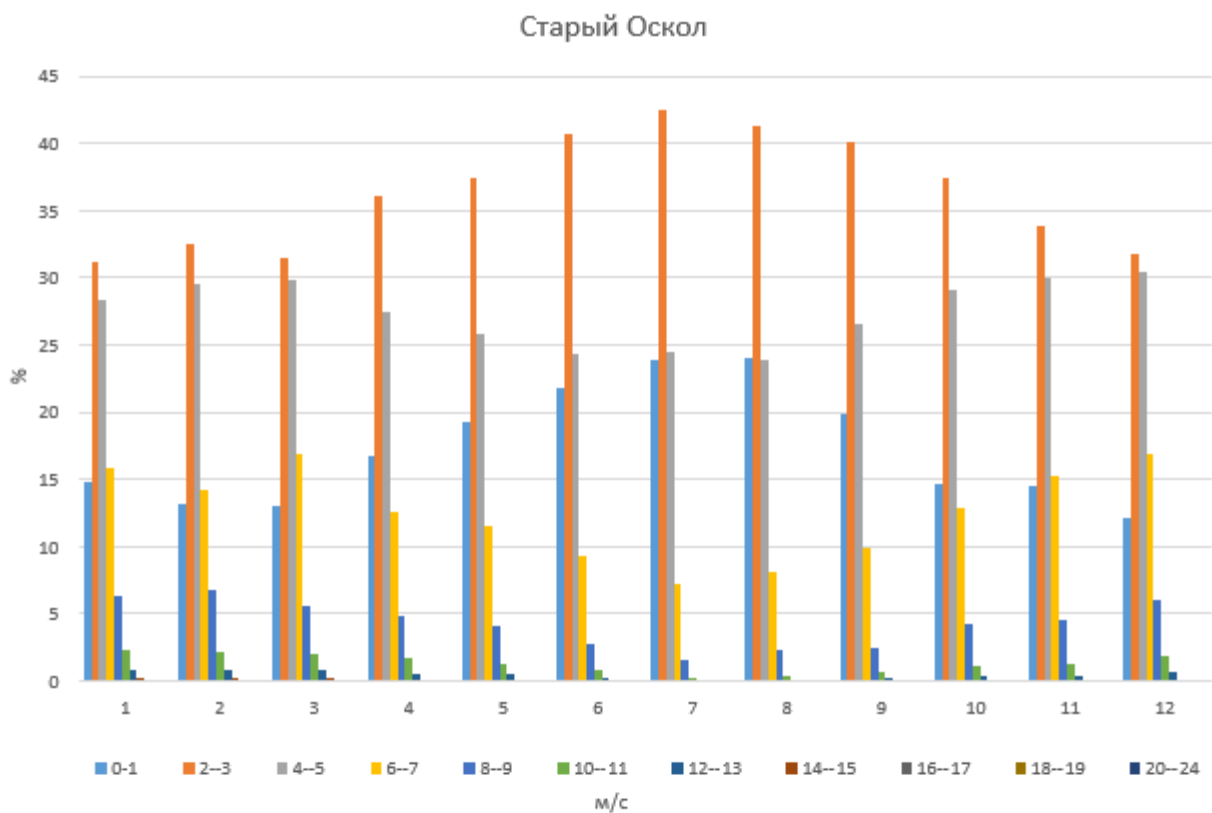


Рисунок 3.10 Вероятность различных градаций скорости ветра на станции  
Старый Оскол

5) Метеостанция Богородицкое-Фенино находится на севере области (51.17 с.ш. 37.35 в.д.).

Высота станции над уровнем моря - 223 метров.

В январе месяце на территории Богородицкое-Фенино средняя скорость ветра 3,8 метров в секунду с порывами до 9,1 метров в секунду.

В июле на территории метеостанции средняя скорость ветра 2,4 метра в секунду с порывами до 7,5 метров в секунду (Таблица 3.1).

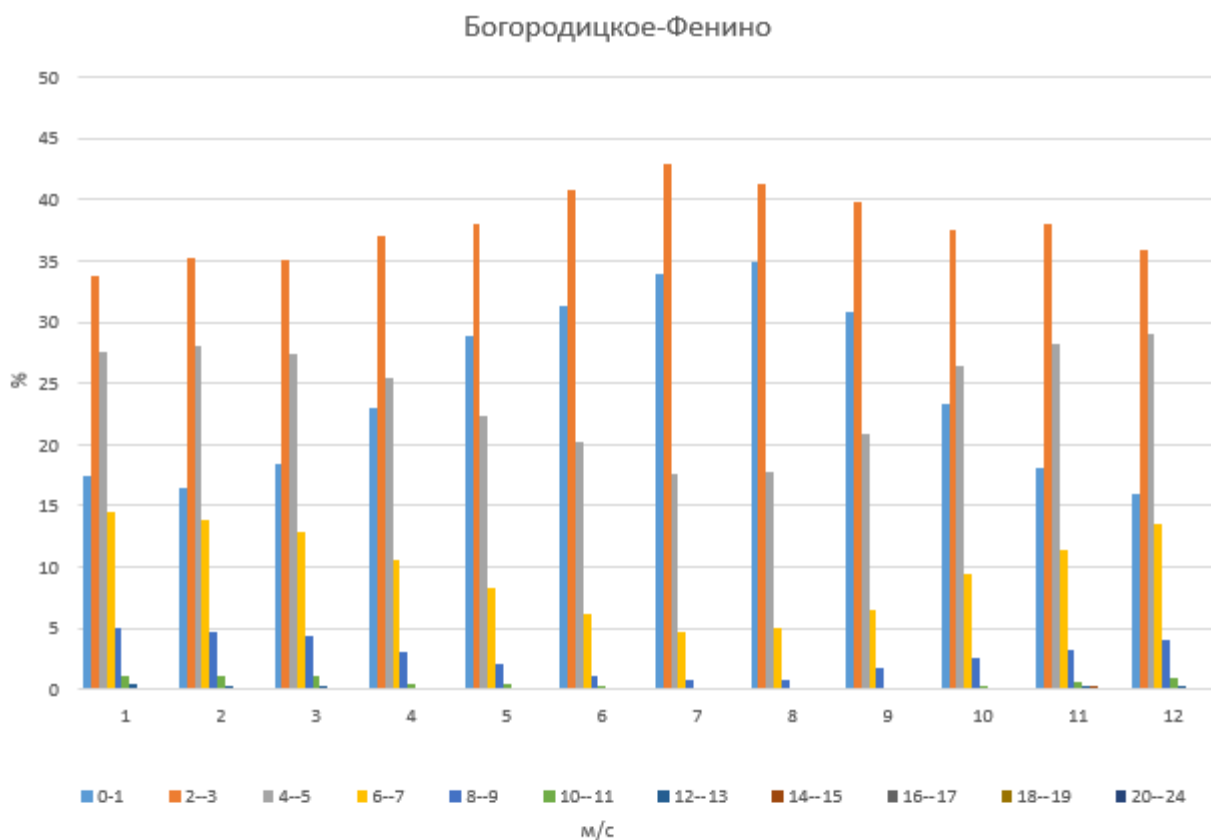


Рисунок 3.11 Вероятность различных градаций скорости ветра на станции Богородицкое-Фенино.

б) Метеостанция Валуйки находится на юге области (50.22 с.ш. 38.10 в.д.). Высота станции над уровнем моря -111 метров.

В январе месяце на территории Валуйки средняя скорость ветра 2,6 метра в секунду с порывами ветра до 6,3 метров в секунду.

В июле на территории Валуйки средняя скорость ветра 1,9 метра в секунду с порывами ветра до 6 метров в секунду (Таблица 3.1).



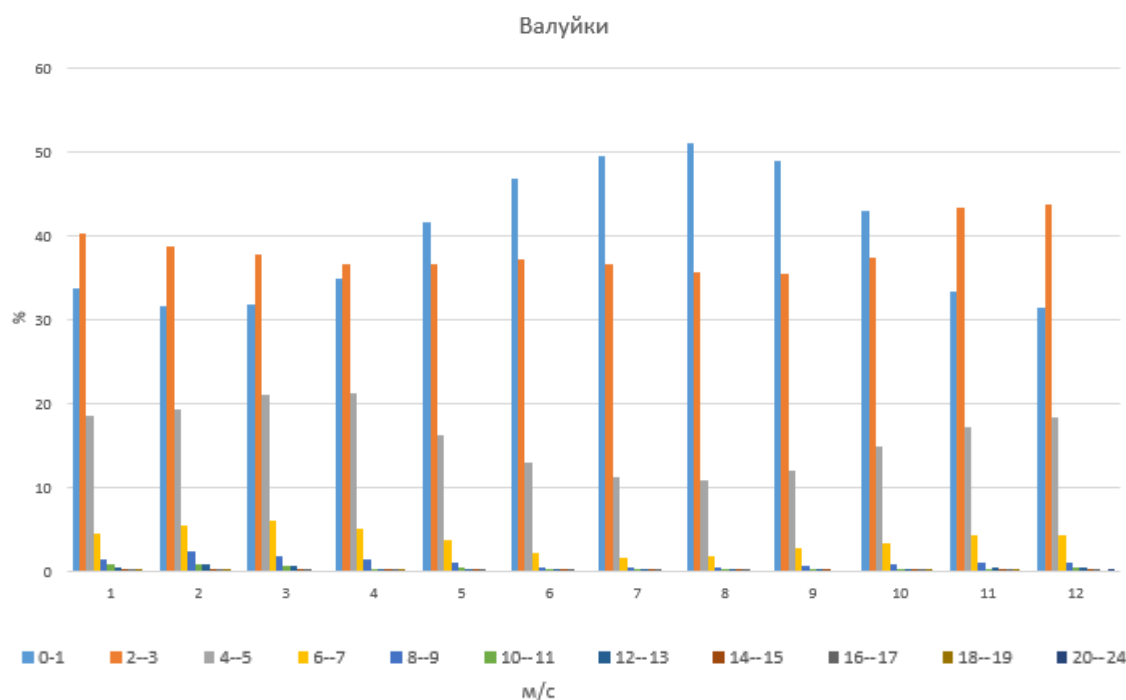


Рисунок 3.12 Вероятность различных градаций скорости ветра на станции Валуйки.

Таблица 3.1 Средняя скорость ветра на метеостанциях Белгородской области. (м/с)

Название станции	Месяц												Год
	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб	Дек.	
Богородицкое-Фенино	3.8	3.7	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4	2.4	2.7	3.2	3.5	3.7	3.1
Старый Оскол	4.1	4.1	4.1	3.7	3.5	3.2	2.9	3.0	3.2	3.7	3.9	4.1	3.6
Готня	3.8	3.9	3.8	3.5	3.1	2.8	2.6	2.7	3.0	3.4	3.6	3.8	3.3
Новый Оскол	3.2	3.4	3.4	3.2	2.7	2.3	2.1	2.0	2.2	2.7	3.1	3.2	2.8
Белгород	4.4	4.5	4.4	4.0	3.7	3.5	3.3	3.2	3.4	3.8	4.1	4.3	3.9
Валуйки	2.6	2.9	2.8	2.6	2.3	2.0	1.9	1.8	2.0	2.2	2.5	2.6	2.4

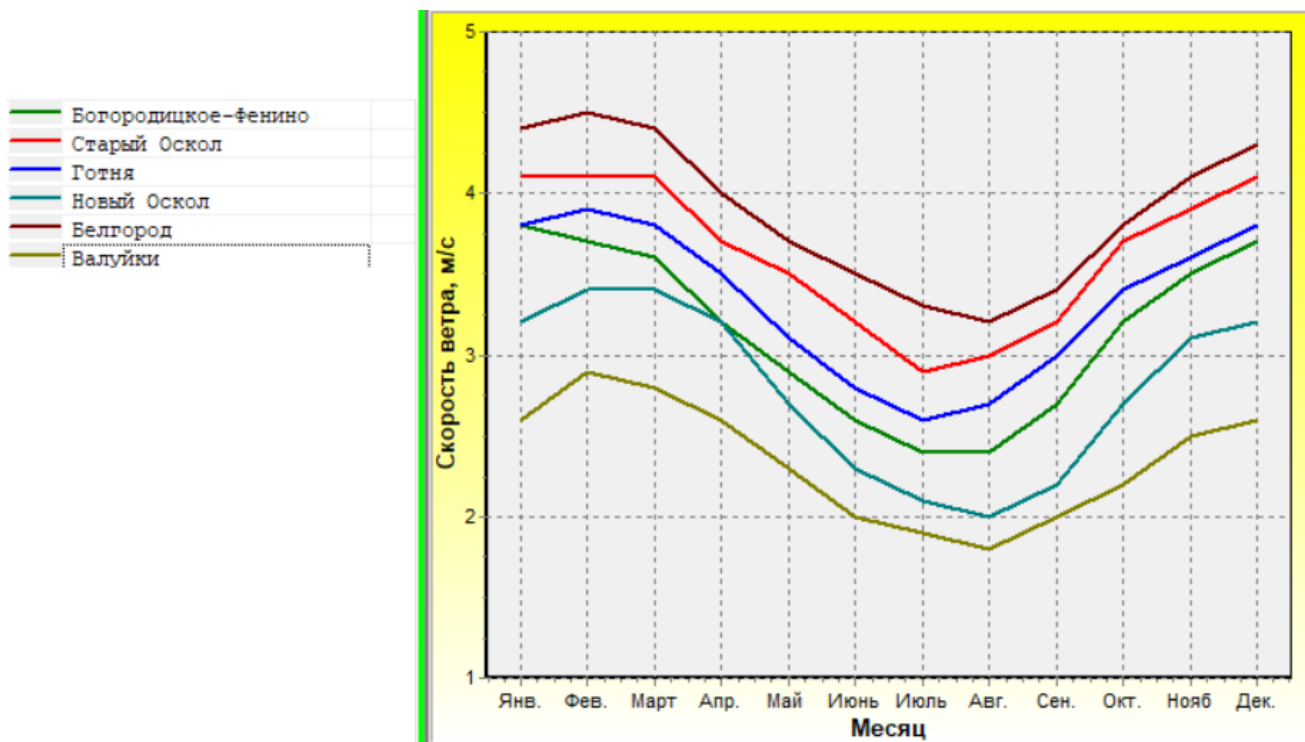


Рисунок 3.13 График средней скорости ветра на станциях Белгородской области.

Увеличение интенсивности и повторяемости циклонических процессов зимой обуславливает увеличение средней скорости ветра, числа дней с ветром  $\geq 15$  м/сек. и продолжительность сильного ветра  $\geq 15$  м/сек., а также уменьшение вероятности тихой или маловетреной погоды. Летом в связи с уменьшением интенсивности и повторяемости циклонов и увеличением повторяемости антициклонов наблюдается обратное явление. Наибольшие скорость ветра, число дней с ветром  $\geq 15$  м/сек. и его продолжительность наблюдаются в январе, а наименьшие — в августе.

Число дней со слабым ветром  $< 6$  м/сек. бывает наименьшим в середине зимы (в январе) — всего 4 дня; оно увеличивается до 9 дней в конце лета (в августе). Число дней со скоростью ветра  $>10$  м/сек. изменяется в течение года в обратном порядке: наибольшее в январе и наименьшее в августе. Скорость ветра в отдельные дни при неустойчивой погоде, связанной с прохождением циклонов, может испытывать в течение суток значительные колебания от штиля до шторма  $\geq 15$  м/сек.

### 3.4.3 Анализ повторяемости ветра

В метеорологии основным инструментом для охарактеризования режима ветра по многолетним наблюдениям в определенном месте является векторная диаграмма, которая получила название роза ветров. Эта роза показывает преобладающие направления ветров в данной местности, то есть его повторяемость.

Знать, какой ветер является господствующим в той или иной местности необходимо для того, чтобы: предсказать изменение погоды, т.е. выяснить, как она может измениться в ближайшие дни; правильно планировать развитие населенных пунктов, учитывая движение загрязненного воздуха; правильно ориентировать стены домов, входных проемов для максимального сохранения тепла и других хозяйственных задач.

Строится роза ветров в соответствии с основными и промежуточными сторонами горизонта — это оси розы ветров. На осях откладывается направление и сила ветра за определенный период какой-либо конкретной местности, например, за месяц.

#### 1) АМСГ Белгород

Авиационная метеорологическая станция гражданская Белгород находится в аэропорте Белгород.

## Белгород Роза Ветров

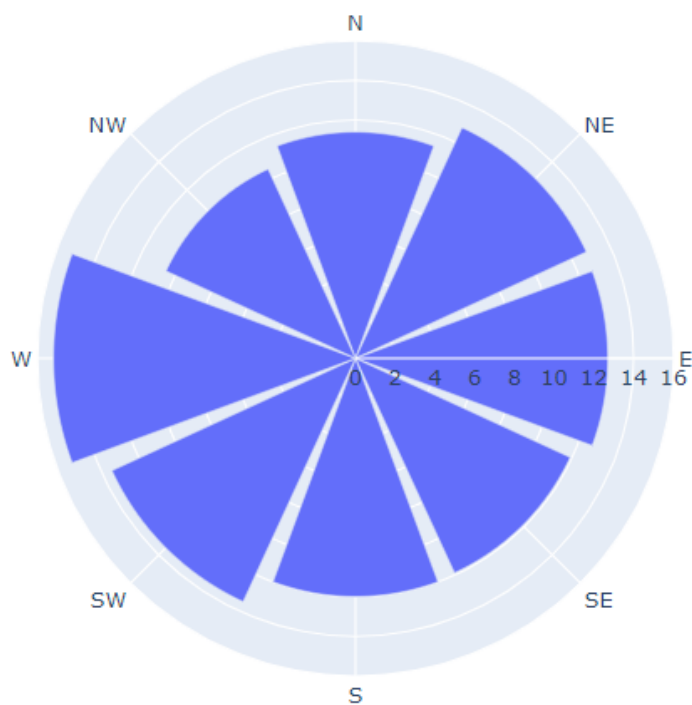


Рисунок 3.14 Роза ветров АМСГ Белгород.

Данная метеостанция располагается на высокой точке (224 м. над уровнем моря) относительно центра города, высота центра 130 м. над уровнем моря). Наибольшая вероятность ветра именно с запада и юго-запада обусловлена западным переносом воздушных масс в атмосфере (Рисунок 3.14), который преобладает на широтах территории Белгородской области.

## 2. АМСГ Старый Оскол

## Старый Оскол Роза Ветров

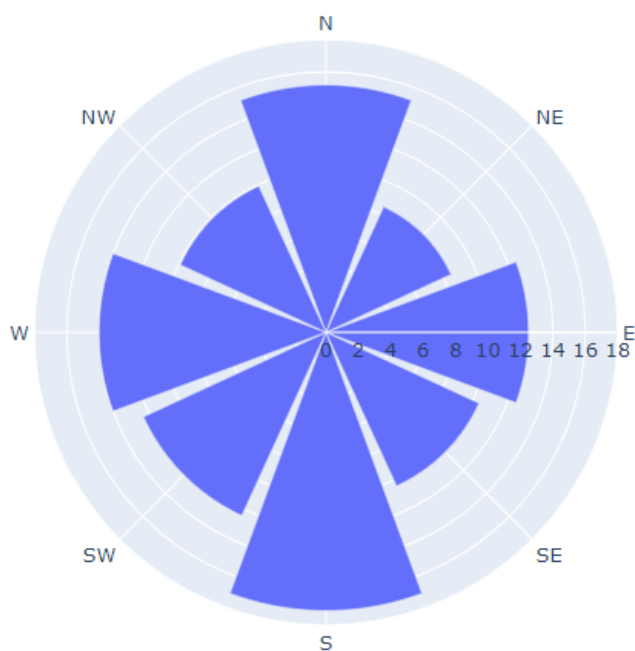


Рисунок 3.15 Роза ветров АМСГ Старый Оскол

Станция Старый Оскол находится также на относительно большой высоте 219 м. На данное розе ветров преобладают такие направления, как южное, северное и западное. На южное и северное влияет расположение на достаточно открытом холме и Старооскольское водохранилище в 7 км от метеостанции. На западную составляющую влияет западный перенос (Рисунок 3.15).

### 3. Богородицкое Фенино

М-2 (метеорологическая станция 2 разряда) Богородицкое Фенино находится в Губкинском районе.

## Б.Фенино Роза Ветров

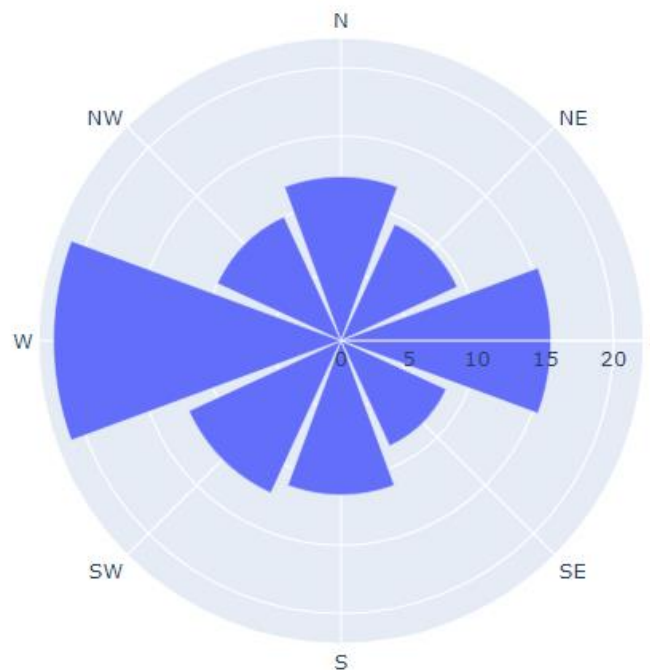


Рисунок 3.16 Роза ветров АМСГ Фенино

Высота станции 226 метров. Преобладание западного ветра обусловлено западным переносом. Небольшое повышение восточного ветра зависит от холмистого рельефа и располагающейся в восточном направлении низменность (Рисунок 3.16).

## 4. Готня

М-2 Готня находится в Ракитянском районе на высоте 222 м. Так же на высокой точке на открытой местности. Преобладание южного ветра зависит от рельефа поблизости (Рисунок 3.17).



## Готня Роза Ветров

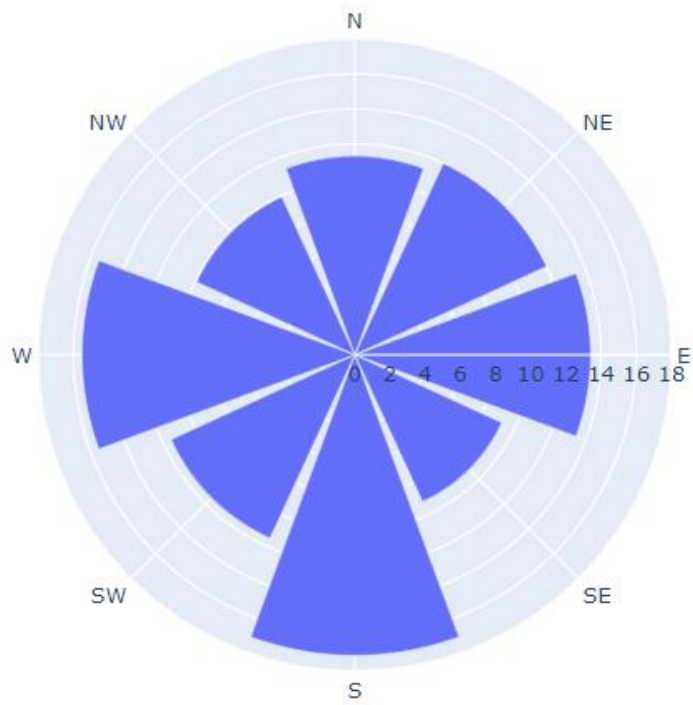


Рисунок 3.17 Роза ветров АМСГ Готня

## 5. Новый Оскол

### Новый Оскол Роза Ветров

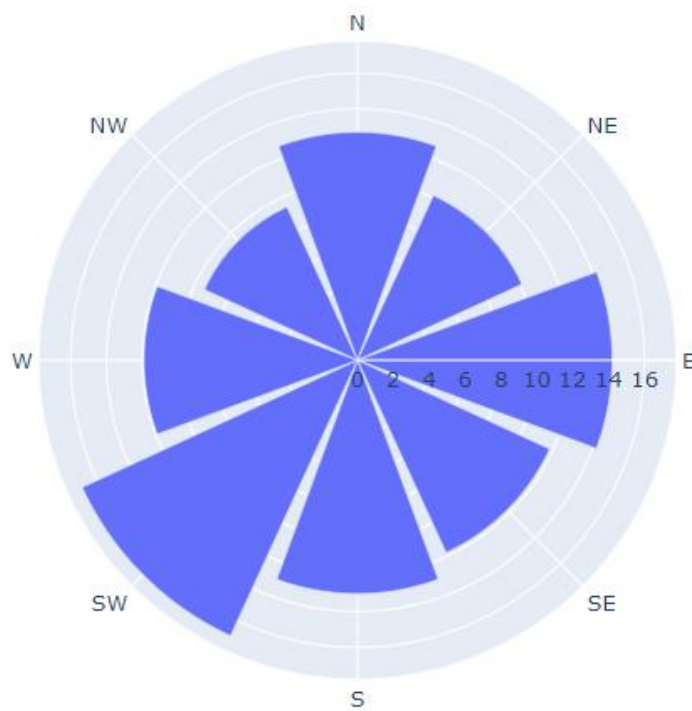


Рисунок 3.18 Роза ветров АМСГ Новый Оскол

Преобладание южно - западного ветра обусловлено западным переносом и рельефа. Небольшое повышение ветра зависит от холмистого рельефа.

## 6. Валуйки

Станция М-2 Валуйки (Рисунок 3.19) находится лесостепной зоне на высоте 112 м. Преобладание восточного ветра обуславливается нахождением непосредственной близости к оси Воейкова

### Валуйки Роза Ветров

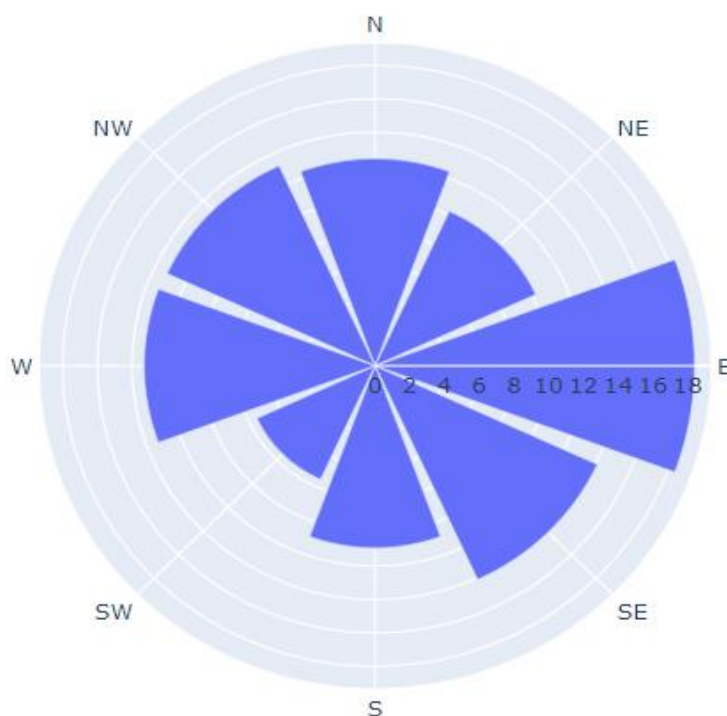


Рисунок 3.19 Роза ветров АМСГ Валучки

## Заключение

В ходе проделанной работы были проанализированы физико-географические характеристики Белгородской области и их влияние на важнейшие климатические параметры.

Для удобной работы с данными была проведена обработка данных с использованием программного кода на языке python. Выведены таблицы, с помощью которых были построены графики для упрощения визуального анализа метеорологических переменных.

За последние 20 лет средняя температура на территории Белгородской области повысилась и имеет восходящий тренд на данный момент. Также было отмечено, что потепление в демисезонное время менее заметно, чем лето и зима.

Большинство станций фиксировало годовое количество осадков ниже климатической нормы до 1980, после чего на большинстве станций тренд вышел на уровень, и после 2000 данный тренд начал постепенно снижаться.

На фоне большого количества осадков в период с 1980-2000 годов, было отмечено снижение продолжительности солнечного сияния, и повышение в дальнейшем, что говорит об отрицательной корреляции.

Из анализа ветра на территории Белгородской области по направлению ветра можно выявить основные факторы такие как, западный перенос, рельеф определённых станций и ось Воейкова. Также по данным о скорости ветра очевидно, что ветер в зимние время года имеет большие значения скорости, чем в другие сезоны.

В целом, микроклимат на станциях Белгородской области зависит от климатических особенностей района. Температурный режим зависит от расположения и особенностей рельефа территорий, находящихся в непосредственной близости к станциям. Ветровой режим находится в зависимости от западного переноса и оси Воейкова.

## Список литературы