МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

филиал ФГБОУ ВО «РГГМУ» в г. Туапсе

Кафедра «Метеорологии экологии и природопользования»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Орография и ветровой режим районов Северного Кавказа и возможности их использования в отраслях народного хозяйства»

Исполнитель: Мазлумян Яков Карапетович

Руководитель: к.г.н., доцент Иошпа Александр Рувимович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Цай Светлана Николаевна

«20» июня 2025 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН
«20» июня 2025 г.
Русанова / Русанова М.А./
подпись расшифровка подписи

Туапсе
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....3
1 Орография и климат исследуемых регионов.....5
1.1 Орография и климат Ростовской области.....5
1.2 Орография и климат республики Адыгея.....11
1.3 Орография и климат Ставропольского края.....16
2 Предпосылки использования ВЭС в исследуемых регионах.....22
2.1 Предпосылки использования ВЭС в Ростовской области.....22
2.2 Предпосылки использования ВЭС в республике Адыгея.....29
2.3 Предпосылки использования ВЭС в Ставропольском крае.....37
3 Использование ВЭС в сферах народного хозяйства.....46
Заключение.....55
Список литературы.....56

Введение

Исследование орографических и климатических условий исследуемых регионов актуально, ведь эти данные являются определяющими эффективность работы ветряных электростанций (далее – ВЭС). Основным параметром, диктующим эффективность работы станций, являются скорость и направление ветра. Рельеф местности определяет проходимость воздушных потоков, а так же необходима плоская местность для размещения ветроустановок. Климат же является определяющим фактором формирования ветра.

Исследование работы ВЭС актуально по нескольким причинам:

- экологически чистая выработка энергии. Энергия, получаемая ВЭС, генерируется за счет ветровых потоков, что приводят в движение лопасти, генерирующие электроэнергию. Во всем процессе выработки энергии нет никаких вредных выбросов;
- эргономичность. ВЭС работают практически автономно, в отличие от традиционных источников энергии, где человек должен постоянно следить и участвовать в процессе;
- компактность. ВЭС хоть и часто занимают много места, они расположены очень эффективно, вдоль шоссе и дорог, не конфликтуя с другими видами инфраструктуры.

Таким образом, изучение работы ВЭС важно для широкого круга областей, связанных с пониманием природных процессов и управлением ресурсами.

Эффективная и стабильная работа ВЭС зависит от многих факторов, в том числе от скорости, направления ветра, температуры воздуха, количества осадков и не только. Изучение климатических особенностей в исследуемых регионах позволяет оценить рациональность использования ВЭС.

Объектом исследования является широта 43° Северного полушария.

Предметом изучения являются ВЭС Ростовской области, республики Адыгея и Ставропольского края.

Цель исследования – дать оценку эффективности работы ВЭС в исследуемых регионах, исходя из орографических, климатических и экономических факторов.

Задачи исследования включают:

- теоретические исследования орографии и климата исследуемых регионов;
- изучение предпосылок расположения ВЭС в исследуемых регионах;
- оценка эффективности использования ВЭС в сферах народного хозяйства.

1 Орография и климат исследуемых регионов

1.1 Орография и климат Ростовской области

Ростовская область, расположенная на юге Европейской части России, характеризуется разнообразной орографией и умеренно-континентальным климатом.

Рельеф области преимущественно равнинный, что обусловлено ее положением в пределах Восточно-Европейской равнины. Основу орографии составляет Приазовская низменность, которая занимает южную и западную части региона.

На севере и востоке области рельеф становится более приподнятым, переходя в полого-волнистые равнины с высотами до 150–200 метров. Здесь встречаются отдельные возвышенности, например, Донская гряда, которая тянется вдоль правого берега Дона и достигает максимальных высот около 250 метров.

На востоке области выделяется Сальско-Манычская низменность, характеризующаяся плоским рельефом и наличием солончаковых участков, связанных с древними морскими отложениями (рисунок 1.1) [6, с. 35-39].

Рисунок 1.1 – Карта Ростовской области

Климат Ростовской области подробно расписан на рисунке 1.2 [23].

Температурный режим Ростовской области характеризуется умеренно-континентальным климатом с мягкой зимой (от -5 до -20 °C) и жарким летом (+23…+25 °C, до +35 °C). Весна и осень короткие, с быстрыми температурными переходами. Годовые амплитуды температур значительны из-за континентальности.	Ветровой режим активный, с преобладанием восточных ветров. Зимой они усиливают ощущение холода, летом приносят сухие и жаркие воздушные массы. Скорость ветра возрастает в открытых степных районах.	Осадки в области составляют 400–600 мм в год, с максимумом в теплое полугодие за счет конвективных дождей. Распределение неравномерное: западные районы получают больше влаги, восточные — более засушливы. Зимой осадки часто в виде снега, но снежный покров неустойчив.

Рисунок 1.2 – Климат Ростовской области

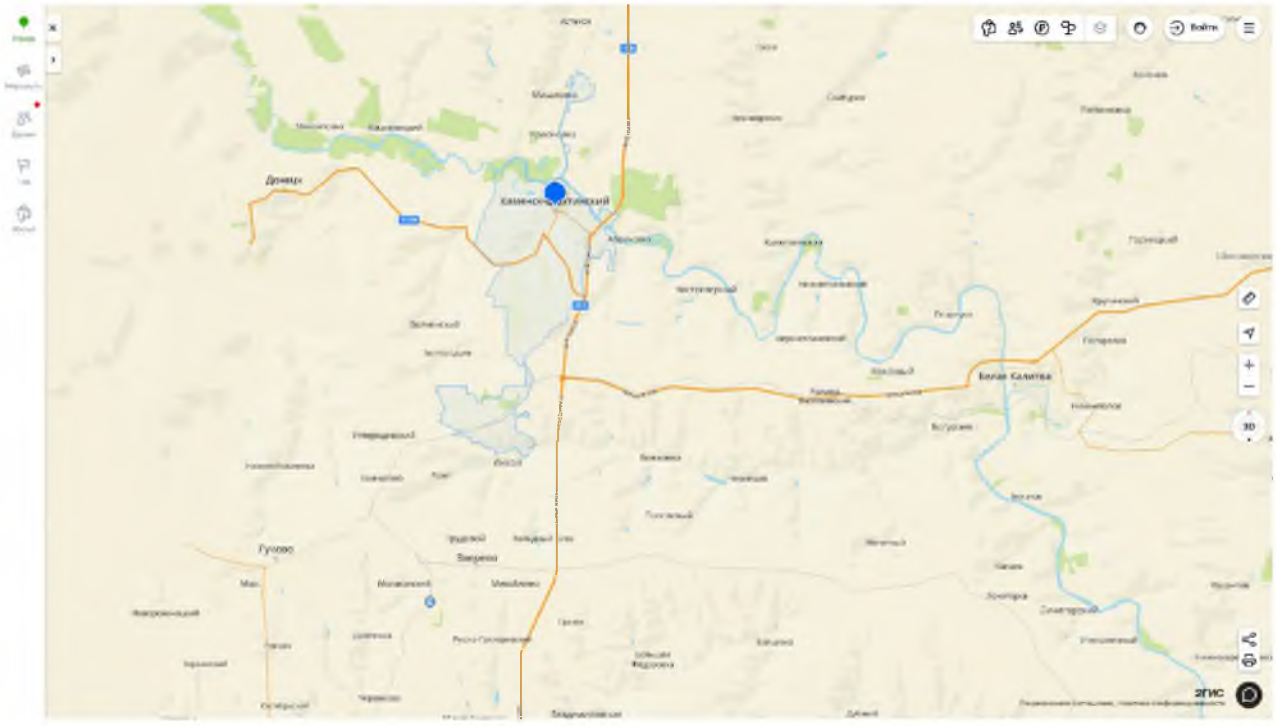

Рисунок 1.3 – Расположение Каменско-Шахтинска

Город Каменск-Шахтинск расположен примерно в 130 км к северо-востоку от Ростова-на-Дону, на правом берегу реки Северский Донец, притока Дона, что существенно влияет на его ландшафт и представляет собой сочетание равнинного и холмистого рельефа и является ближайшим пунктом к каменско-

красносулинской ВЭС (рисунок 1.3).

Координаты Каменск-Шахтинского – около 48.32° северной широты и 40.26° восточной долготы, а средняя высота над уровнем моря варьируется от 100 до 150 метров, что превышает среднюю высоту по области (125 метров).

Подстилающая поверхность сформирован осадочными породами, включая песчаники, известняки и угольные пласты, что связано с геологической историей региона, входившего в Донецкий угольный бассейн (рисунок 1.3)

Территория Каменско-Красносулинской ВЭС, находящаяся на юго-востоке от Каменска-Шахтинского, характеризуется полого-волнистой равниной, типичной для восточной части Ростовской области, в зоне перехода от Донской гряды к Сальско-Манычской низменности.

Высоты над уровнем моря составляют 100–150 метров, с плавными перепадами рельефа, что создает оптимальные условия для размещения ветровых турбин, обеспечивая стабильные воздушные потоки.

Открытые пространства с редкими возвышенностями до 150–180 метров, видимые на карте, способствуют увеличению скорости ветра, что критично для генерации электроэнергии, а отсутствие значительных горных барьеров минимизирует турбулентность. Балки и овраги, сформированные эрозией под воздействием осадков и ветра, добавляют локальную неровность, но не препятствуют установке, так как турбины размещаются на возвышенных участках.

Плоский рельеф с уклоном 1–3 градуса, характерный для степных ландшафтов с минимальной растительностью, обеспечивает доступность для строительства и обслуживания ВЭС. Юго-восточное расположение относительно Каменска-Шахтинского совпадает с зоной преобладания восточных и юго-восточных ветров, что подтверждено климатическими данными области, где эти направления составляют 40–50% годового ветрового режима.

Такое положение усиливает эффективность работы станции, так как

стабильные ветры с востока, особенно в открытой местности, обеспечивают постоянное вращение лопастей турбин.

Низкая плотность лесов и отсутствие значительных долин или склонов снижают сопротивление воздушным массам, что делает эту территорию благоприятной для ветроэнергетики, минимизируя эксплуатационные риски и максимизируя выработку энергии (рисунок 1.4).

Рисунок 1.4 – Расположение Каменско-Красносулинской ВЭС (красная линия) относительно Каменско-Шахтинска (синяя линия)

Орография Зимовниковского района, ближайшего к Марченковской ветроэлектростанции (ВЭС), определяется его положением в восточной части Ростовской области, где преобладает плоская равнинная местность, характерная для Сальско-Манычской низменности, сформированной древними осадочными и аллювиальными отложениями.

Расположенный примерно в 300 км к востоку от Ростова-на-Дону, район простирается на координатах около 46.85° северной широты и 43.70° восточной долготы, с высотами над уровнем моря варьирующимися от 20 до 100 метров, что делает его одним из самых низких и плоских регионов области (рисунок 1.5).

Рисунок 1.5 – Расположение Зимовниковского района

Рельеф представлен обширными степными пространствами с минимальными перепадами высот, где редкие возвышенности не превышают 50–70 метров, а эрозионные формы, такие как балки и небольшие овраги, обусловлены сезонными осадками и ветровой активностью.

Близость к реке Маныч и её долинам, а также влияние водных систем, включая временные водоемы, способствует формированию слабоволнистого рельефа с местами залегания солончаков, что отражает аридный характер климата и низкую степень увлажнения.

Антропогенные изменения, связанные с сельскохозяйственным освоением и мелиорацией, слегка сглаживают естественные неровности, создавая более однородную поверхность, благоприятную для размещения ветровых установок.

Отсутствие значительных возвышенностей или горных барьеров, в отличие от западных или северных частей области, обеспечивает стабильное движение воздушных масс, что делает орографию Зимовниковского района одной из ключевых предпосылок для эффективной работы ветроэнергетических установок.

Территория Марченковской ВЭС, расположенная в Зимовниковском районе к северо-западу от станицы Зимовники, характеризуется

преимущественно плоской равнинной поверхностью, типичной для восточной части Ростовской области в пределах Сальско-Манычской низменности (рисунок 1.6). Высоты над уровнем моря на этой территории варьируются от 20 до 100 метров, с минимальными перепадами рельефа, что создает идеальные условия для установки ветровых турбин, обеспечивая стабильные и равномерные воздушные потоки.

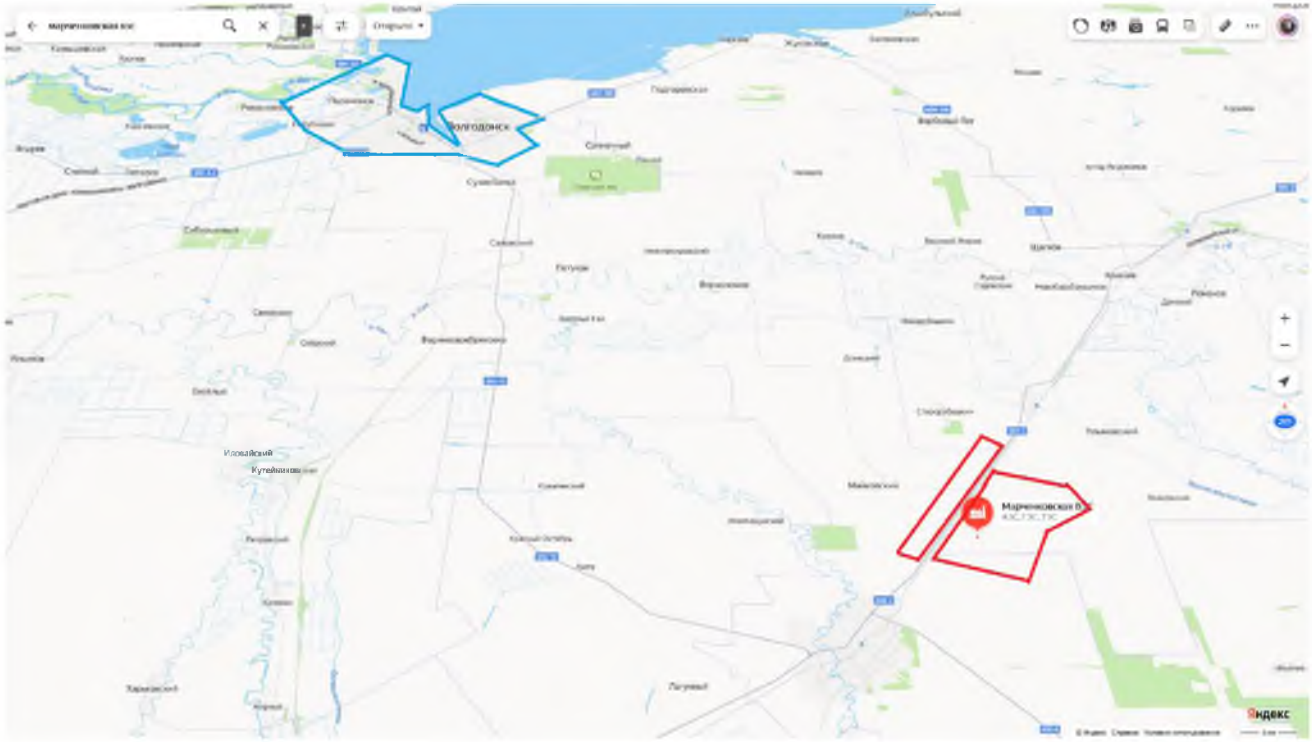

Рисунок 1.6 – Расположение Марченковской ВЭС (красная линия) относительно Волгодонска (синяя линия)

Территория характерна открытой степной местностью с редкими возвышенностями, достигающими локальных максимумов около 50–70 метров, которые выступают естественными точками для размещения установок, усиливая скорость ветра за счет их положения над плоской поверхностью. Наличие небольших балок и оврагов, сформированных эрозией под воздействием сезонных осадков и ветра, добавляет локальную неровность, однако эти формы не препятствуют эксплуатации ВЭС, так как турбины устанавливаются на возвышенных участках, минимизируя влияние эрозионных процессов.

Рельеф территории дополняется близостью к реке Маныч и её долинам, что способствует слабоволнистому характеру местности с редкими участками солончаков, отражающими аридные условия востока области. Отсутствие значительных горных массивов или глубоких долин обеспечивает низкую турбулентность воздушных масс, что особенно важно для эффективности работы ветровых установок, а плоский ландшафт с уклоном менее 1–2 градусов облегчает доступ для строительства и обслуживания.

Антропогенное воздействие, связанное с сельскохозяйственным освоением и мелиорацией, сглаживает естественные неровности, создавая однородную поверхность, благоприятную для размещения ВЭС. Юго-восточное расположение ВЭС в районе, где преобладают восточные и юго-восточные ветры, усиливает её производительность, так как открытая местность и минимальная облесенность позволяют воздушным потокам сохранять силу и направление, что является ключевым фактором для генерации электроэнергии. Таким образом, орография территории Марченковской ВЭС, с её плоским рельефом, умеренными возвышенностями и стабильным ветровым режимом, представляет собой оптимальные условия для функционирования ветроэнергетической станции, хотя низкие высоты требуют учета возможных рисков затопления в периоды паводков (рисунок 1.6).

1.2 Орография и климат республики Адыгея

Адыгея расположена на северо-западном склоне Большого Кавказа, и её территория делится на две ярко выраженные части — равнинную северную и горную южную. Эта орографическая контрастность является ключевым фактором для всей народнохозяйственной структуры региона.

Южная часть Адыгеи — это горная система Западного Кавказа, с высотами от 600 до 3 200 метров над уровнем моря. Рельеф преимущественно высокогорный, расчленённый глубокими долинами, ущельями, каньонами и лавиноопасными склонами (рисунок 1.7).

Рисунок 1.7 – Карта республики Адыгея

Климат республики Адыгея расписан на рисунке 1.8

Температурный режим Адыгеи характеризуется умеренно-континентальным климатом с переходными чертами к субтропическому Зимой средняя температура января варьируется от -3 °C на равнинах до -10 °C, с возможными похолоданиями до -15…-20 °C а летом июль достигает +22…+25 °C .Весна и осень более продолжительные и мягкие, с плавными температурными переходами благодаря смягчающему влиянию Черного моря и высотной поясности.	Ветровой режим Адыгеи активный, с преобладанием западных и юго-западных ветров, связанных с циркуляцией влажных масс с Черного моря. Зимой они смягчают холод, принося оттепели, а летом способствуют прохладе в горных районах, хотя на равнинах усиливают жару. Скорость ветра возрастает в предгорьях и горных ущельях, где рельеф усиливает потоки, особенно в периоды активных циклонов.	Осадки в Адыгее составляют 600–800 мм в год на равнинах и до 1500–2000 мм в горах, с максимумом в теплое полугодие из-за конвективных и фронтальных дождей. Распределение неравномерное: горные районы получают больше влаги, равнины — менее увлажнены, особенно на востоке. Зимой осадки выпадают в виде снега в горах, образуя устойчивый покров, тогда как на равнинах снег неустойчив из-за частых оттепелей.

Рисунок 1.8 – Климат республики Адыгея

Шовгеновский район, расположенный в северо-западной части Адыгеи, занимает площадь около 300 км² и характеризуется плоским или слабо

волнистым рельефом, типичным для Кубано-Приазовской низменности, с высотами 20–80 метров над уровнем моря, что делает его одной из самых низменных частей республики (рисунок 1.9).

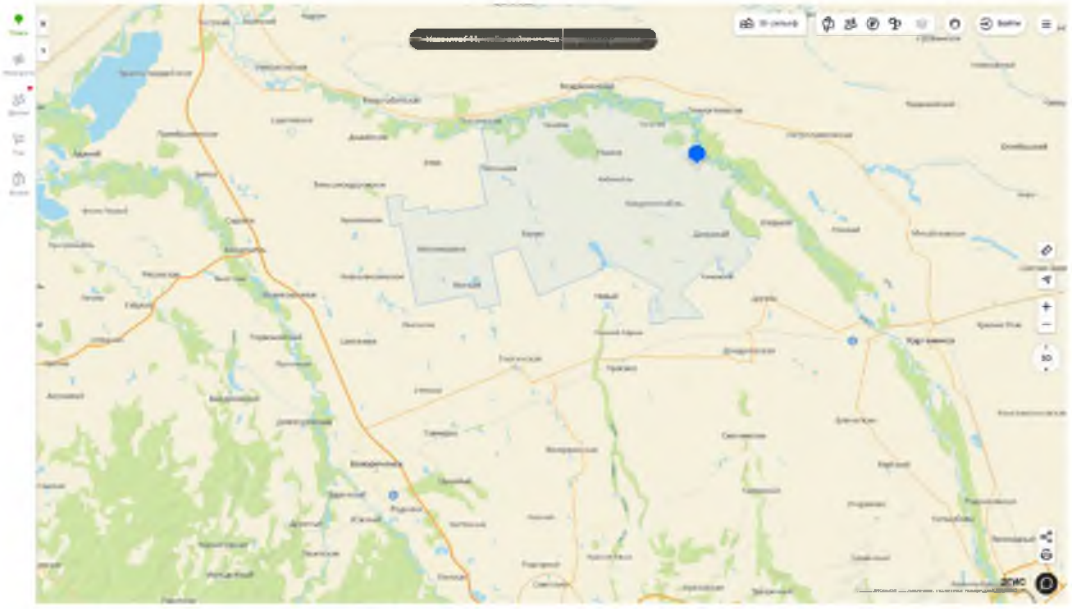

Рисунок 1.9 – Расположение Шовгеновского района

Рельеф района сформирован аллювиальными отложениями рек Лаба и Фарс, притоков Кубани, которые прорезают территорию, создавая широкие пойменные долины шириной 1–3 км и глубиной до 10–20 метров. Эти долины, с пологими склонами уклоном 1–3°, содержат плодородные аллювиальные почвы, состоящие из песков, суглинков и глин, что делает район благоприятным для сельского хозяйства.

Основная часть Шовгеновского района представляет собой степную равнину, где перепады высот минимальны, редко превышая 5–10 метров, что способствует равномерной застройке и земледелию. Эрозионные формы, такие как овраги и ложбины, встречаются редко из-за плоского рельефа, с горизонтальной расчленённостью менее 0,1 км/км², что значительно ниже, чем в предгорных районах Адыгеи.

Локальная эрозия проявляется в поймах рек, особенно весной, когда половодья вызывают подмывание берегов, но антропогенные меры, такие как укрепление берегов и дренажные системы, снижают её воздействие.

Почвенный покров района преимущественно состоит из чернозёмов, занимающих около 70–80% территории, что обеспечивает высокую продуктивность для выращивания зерновых, подсолнечника и овощей. Аллювиальные почвы в поймах рек, богатые органикой, подвержены заболачиванию, особенно в низинах, что требует орошения и дренажа. Лесной покров минимален, менее 5% территории, и представлен искусственными лесополосами, защищающими поля от ветровой эрозии, и редкими байрачными зарослями вдоль рек.

Гиагинский район, расположенный в северо-восточной части Адыгеи, занимает площадь около 800 км² и также характеризуется равнинным рельефом, но с чуть большей расчленённостью из-за влияния реки Фарс и её притоков, а также близости к предгорьям. Высоты варьируются от 30 до 100 метров над уровнем моря (рисунок 1.10).

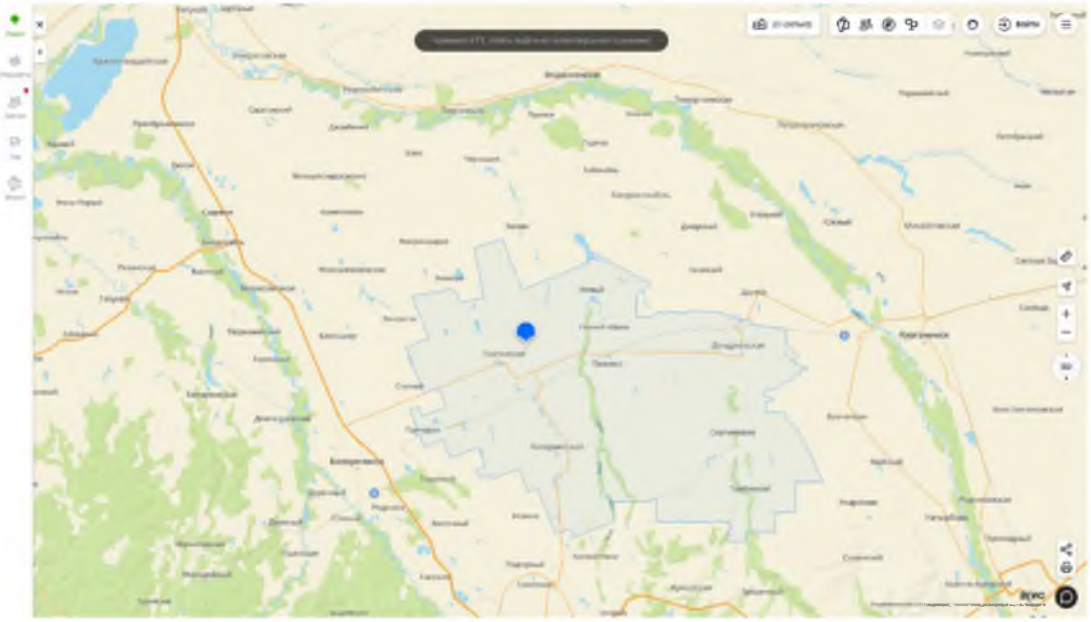

Рисунок 1.10 – Расположение Гиагинского района

Рельеф представляет собой слабо волнистую равнину, сформированную аллювиальными отложениями рек Фарс и Белая, которые создают долины шириной 1–4 км и глубиной до 15–25 метров. Эти долины имеют пологие склоны с уклоном 2–5°, что усиливает локальную эрозию на берегах, особенно в периоды весенних паводков. По сравнению с Шовгеновским районом,

Гиагинский имеет слегка более выраженные перепады высот, особенно вблизи предгорий, где встречаются небольшие холмы, связанные с отрогами Западного Кавказа.

Эрозионные формы, такие как овраги и ложбины, более заметны, чем в Шовгеновском районе, с горизонтальной расчленённостью около 0,12 км/км², но всё ещё ниже, чем в горных районах Адыгеи.

Почвенный покров преимущественно состоит из чернозёмов на равнинах, занимающих около 65–75% территории, и аллювиальных почв в поймах, которые поддерживают сельское хозяйство, включая выращивание зерновых, кукурузы и садов

Территория Адыгейской ВЭС, простирающаяся на границе Гиагинского и Шовгеновского районов, характеризуется переходным рельефом от равнинной степной зоны к предгорьям Кавказа, с высотами над уровнем моря от 100 до 150 метров (рисунок 1.11).

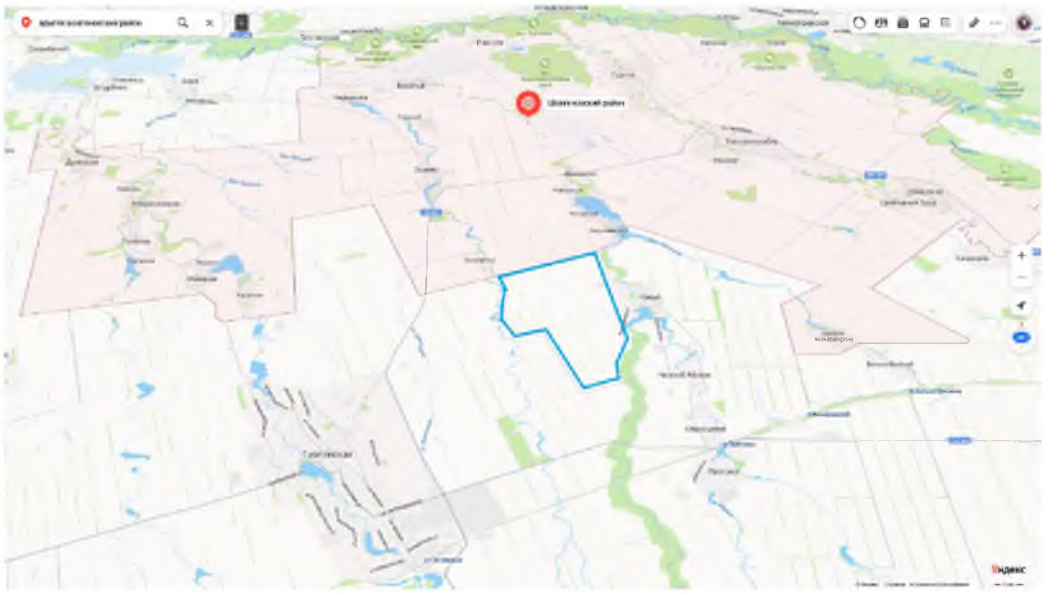

Рисунок 1.11 – Расположение Адыгейской ВЭС (синяя линия) относительно Шовгеновского района (красная линия)

Местность открытая, с редкими лесными массивами и водными объектами, такими как реки и небольшие водоемы, указывая на слабую эрозионную расчлененность с преобладанием пологих склонов и уклонов порядка 2–5 градусов, что обеспечивает стабильные воздушные потоки,

необходимые для эффективной работы ВЭС.

Граничное положение между районами усиливает разнообразие рельефа: в Гиагинском районе преобладают более плоские участки с равнинным характером, тогда как в Шовгеновском районе заметны слабые возвышенности и предгорные склоны, связанные с приближением к Кавказским хребтам, что минимизирует турбулентность и создает равномерное распределение ветров.

Граничное положение также требует учета возможных рисков подтопления в периоды паводков из-за близости водных объектов, что важно для стабильной эксплуатации ВЭС. Рельеф дополняется влиянием долин рек, таких как Гиагинская и её притоков, формирующих слабоволнистую поверхность с небольшими балками и террасами, созданными аллювиальными отложениями, а также близостью водных систем, что добавляет локальную неровность.

Юго-западное расположение ВЭС относительно станицы Гиагинской и северо-восточное относительно Шовгенова связано с переходом от равнин к предгорьям, где высотные различия усиливают ветровой режим, особенно под влиянием западных и юго-западных ветров, характерных для региона.

Антропогенное воздействие, связанное с сельскохозяйственным освоением и инфраструктурой, сглаживает естественные неровности, обеспечивая доступность для строительства и обслуживания турбин, а открытость ландшафта и умеренные возвышенности делают эту зону благоприятной для ветроэнергетики.

1.3 Орография и климат Ставропольского края

Ставропольский край, занимающий центральную часть Ставропольской возвышенности — значительного орографического образования на юге Восточно-Европейской равнины, характеризуется разнообразным рельефом с абсолютными высотами, варьирующимися от 100 до 700 метров над уровнем моря, что отражает переход от равнинных степей на севере и востоке к

предгорьям Кавказа на юге. Эта высотная градация, с максимумами в районе горы Стрижамент (около 700 метров), определяет устойчивость региона к паводкам в высотных зонах, однако низменные районы, особенно вдоль рек Кубань и Калаус, требуют сложных мелиоративных систем для управления водным режимом, учитывая сезонные различия в осадках и стоке. Рельеф края включает слабоволнистые равнины, пересеченные водоразделами, террасами, оврагами и балками, что создает условия для разнообразия ландшафтов и влияет на сельскохозяйственное освоение, особенно в степных районах (рисунок 1.12)

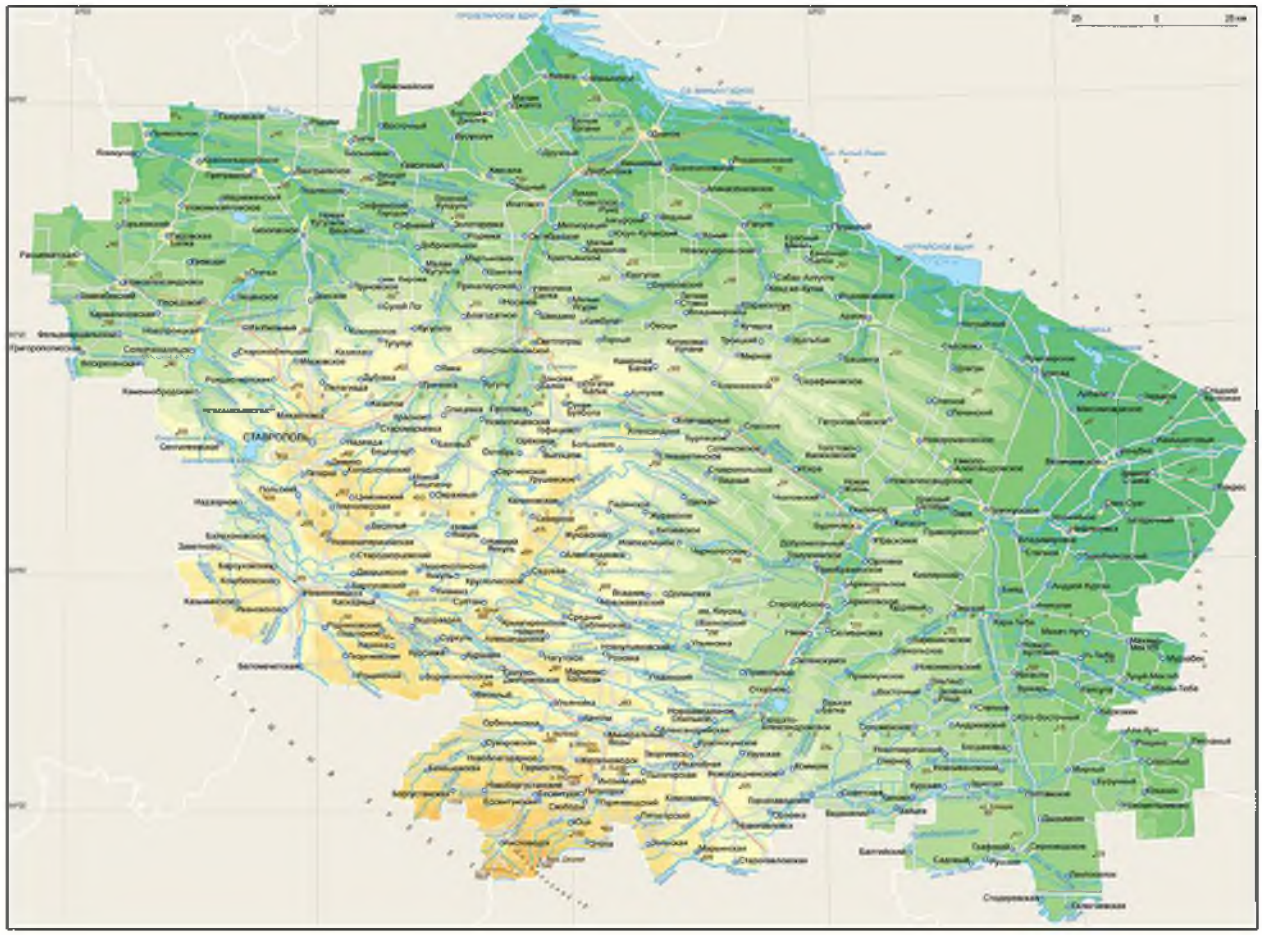

Рисунок 1.12 – Карта Ставропольского края

Геоморфологические особенности Ставропольского края проявляются в сочетании плоских участков с умеренными возвышенностями и эрозионными формами, особенно заметными в предгорных зонах юга, где склоны и балки формируются под воздействием осадков и тектонической активности.

Восточные и северо-восточные районы, такие как Минераловодский и Нефтекумский, подвержены ветровой эрозии из-за открытого ландшафта, что требует агротехнических мер для сохранения почвенного покрова, тогда как юго-западные предгорья, включая Кисловодский район, сталкиваются с оползневыми процессами на склонах, особенно в зонах интенсивной застройки и орошения.

Эти факторы предопределяют необходимость инженерных решений, таких как укрепление склонов, создание террас и регулирование поверхностного стока, что особенно актуально для планирования инфраструктуры и размещения объектов, включая ветроэнергетические установки (рисунок 1.12).

Климат Ставропольского края описан на рисунке 1.13 [20, с. 53-54].

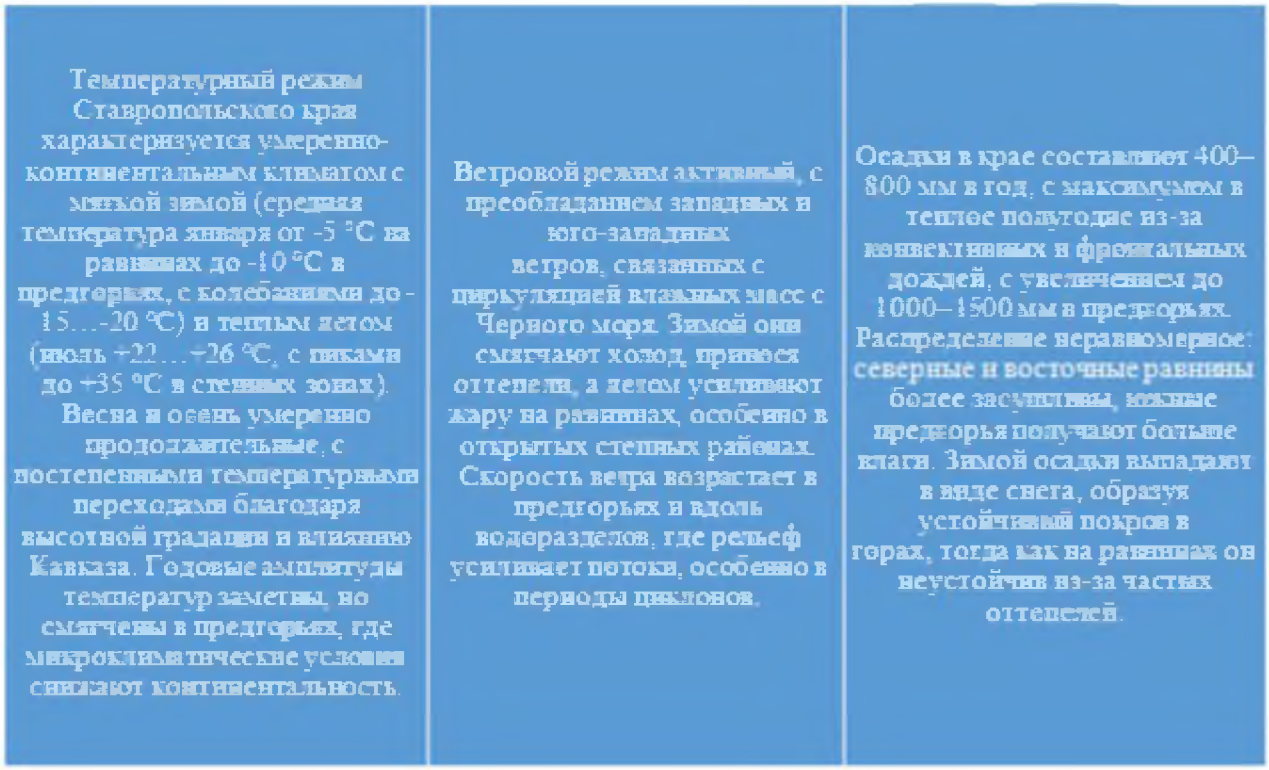

Рисунок 1.13 – Климат Ставропольского края

Кочубеевский район, расположенный в юго-западной части Ставропольского края, занимает площадь около 2 200 км² и характеризуется слабоволнистым рельефом, типичным для южных склонов Ставропольской возвышенности, с высотами 300–500 метров над уровнем моря, что делает его

частью переходной зоны между равнинами и предгорьями Кавказа.

Рельеф района сформирован эрозионными и аллювиальными процессами рек Кубань и её притоков, таких как Кочубеевская, которые прорезают территорию, создавая широкие долины шириной 1–4 км и глубиной до 20–40 метров с пологими склонами уклоном 2–5°, обеспечивающими плодородные почвы из суглинков, песков и черноземов, благоприятные для сельского хозяйства. Основная часть Кочубеевского района представляет собой степную равнину с умеренными возвышенностями, где перепады высот достигают 50–100 метров, способствуя разнообразию ландшафтов и равномерному распределению сельскохозяйственных угодий (рисунок 1.14).

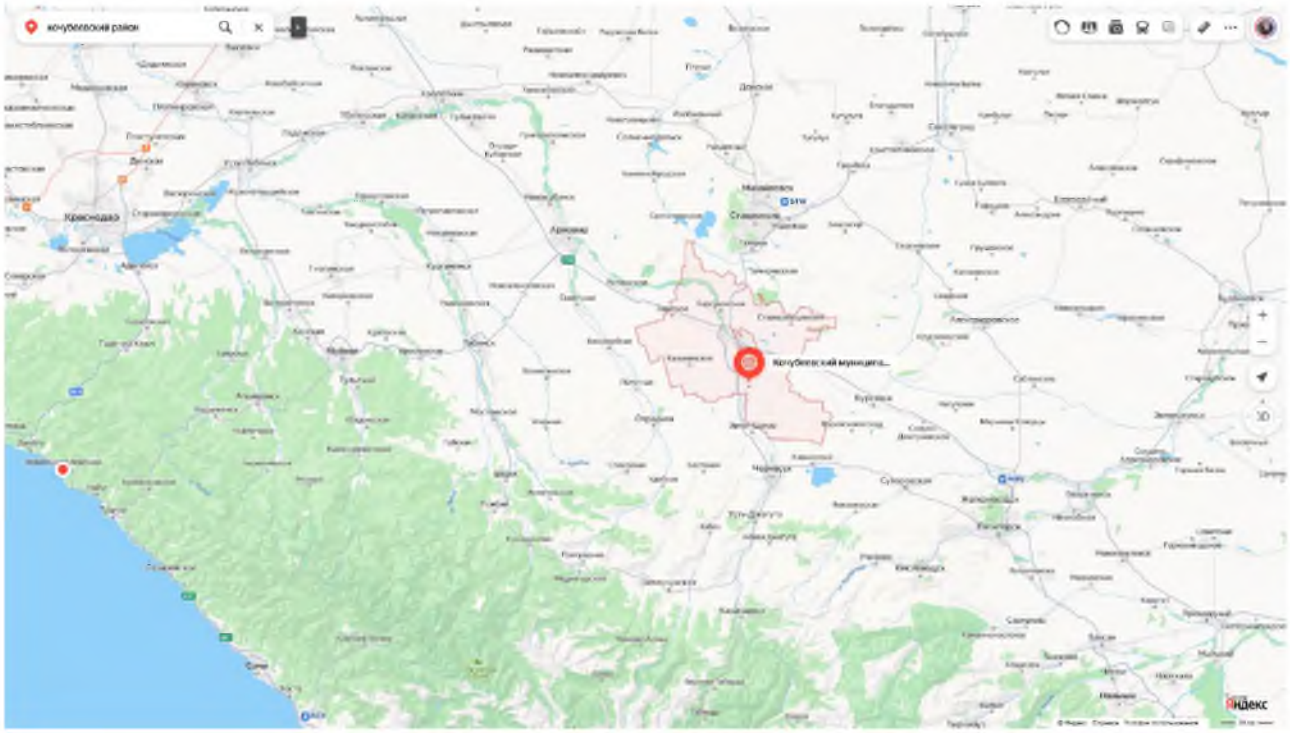

Рисунок 1.14 – Кочубеевский район

Рельеф дополняется влиянием водоразделов между бассейнами рек Кубань и Калаус, формирующих слабоволнистую поверхность с небольшими балками и террасами, созданными аллювиальными и эрозионными процессами, что добавляет локальную неровность, но не препятствует эксплуатации ВЭС [1]. Северо-восточное расположение ВЭС относительно Кочубеевской связано с переходом от равнинных участков к более возвышенным зонам

возвышенности, где высотные различия усиливают ветровой режим, особенно под влиянием западных и юго-западных ветров, характерных для региона.

Антропогенное воздействие, связанное с сельскохозяйственным освоением и мелиорацией, сглаживает естественные неровности, обеспечивая доступность для строительства и обслуживания турбин, а открытость ландшафта и умеренные возвышенности делают эту зону оптимальной для ветроэнергетики. Близость к водным объектам требует учета возможных рисков подтопления в периоды паводков, что важно для стабильной работы ВЭС.

Территория Кочубеевской ВЭС, расположенная к северо-востоку от станицы Кочубеевской, характеризуется умеренно пересеченным рельефом, типичным для южной части Ставропольской возвышенности, с абсолютными высотами от 300 до 500 метров над уровнем моря, что создает благоприятные условия для размещения ветровых турбин, усиливая скорость ветра за счет высотного расположения.

Местность открытая с редкими водными объектами, такими как небольшие реки и водоемы, а также слабую эрозионную расчлененность с преобладанием пологих склонов и уклонов порядка 2–4 градусов, что обеспечивает стабильные воздушные потоки, необходимые для эффективной работы ВЭС [2]. Локальные возвышенности, достигающие 400–450 метров, выступают естественными точками для установки турбин, минимизируя турбулентность и обеспечивая равномерное распределение ветров, особенно в открытой степной зоне (рисунок 1.15).

Эрозионные формы, такие как овраги и балки, встречаются чаще, чем в низменных районах, с горизонтальной расчленённостью около 0,2–0,3 км/км², особенно в южных и западных частях, где склоны подвержены вымыванию под воздействием осадков и весенних паводков, что требует мер по укреплению склонов и отводу поверхностных вод [11].

Локальная эрозия усиливается в районах интенсивной застройки и орошения, где антропогенные факторы, такие как террасирование и дренажные системы, применяются для стабилизации грунтов.

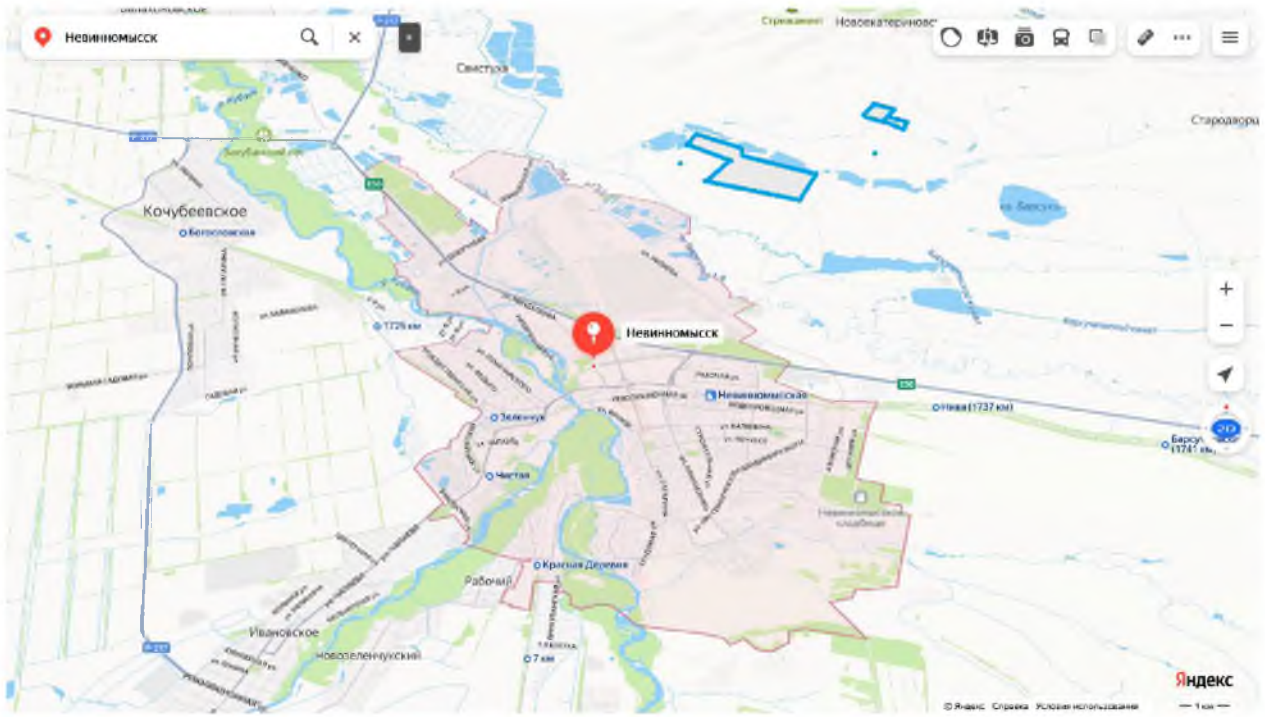

Рисунок 1.15 –Расположение Кочубеевской ВЭС (синяя линяя) относительно Невинномысска (красная линяя)

Почвенный покров района преимущественно состоит из чернозёмов, занимающих около 60–70% территории, обеспечивая высокую продуктивность для выращивания зерновых, подсолнечника и технических культур, тогда как аллювиальные почвы в долинах рек, богатые органикой, склонны к временному переувлажнению, требуя мелиоративных мероприятий [3]. Лесной покров минимален, менее 10% территории, и представлен искусственными лесополосами, защищающими поля от ветровой эрозии, а также редкими участками степной растительности вдоль водотоков, что подчеркивает открытость ландшафта, благоприятную для ветроэнергетических установок.

2 Предпосылки использования ВЭС в исследуемых регионах

2.1 Предпосылки использования ВЭС в Ростовской области

Климат Ростовской области способствует развитию ветроэнергетики благодаря устойчивым ветровым потокам и умеренно-континентальному климату, где важным фактором является стабильная роза ветров, отражающая распределение направлений ветра в регионе.

Таблица 2.1 – Роза ветров Ростовской области с 1990 по 2020 год

Направление ветра	Доля исходящего ветра (%)
Север	5
Северо-восток	15
Восток	30
Юго-восток	25
Юг	4
Юго-запад	8
Запад	10
Северо-запад	3

На основе данных за 30 лет с 1990 по 2020 год можно выделить основные направление ветра, они представлены в таблице 2.1, а также на рисунке 2.1.

Рисунок 2.1 – Среднегодовая диаграмма розы ветров Ростовской области

Каменско-Красносулинская ВЭС была введена в эксплуатацию в 2020

году, когда как Марченковская ВЭС – в 2021, в связи с чем стоит привести данные о розе ветров Ростовской области за 2021 год, которые отображены в таблице 2.2 и на рисунке 2.2.

Таблица 2.2 – роза ветров Ростовской области за 2021

Направление ветра	Повторяемость (%)
Север	10
Северо-восток	12
Восток	32
Юго-восток	6
Юг	8
Юго-запад	4
Запад	18
Северо-запад	10

Рисунок 2.2 – Диаграмма розы ветров ростовской области за 2021 год

Далее, на рисунке 2.3, изображен график, на котором видны отличия между среднегодовой розой ветров и розой ветров за 2021 год.

На рисунке 2.3 видно, что, несмотря на ослабление юго-восточного направления ветра в 2021 году, восточные ветра преобладают как в среднегодовой розе ветров, так и в розе ветров за 2021 год. Стабильное направление ветра положительно влияет на производительность ВЭС.

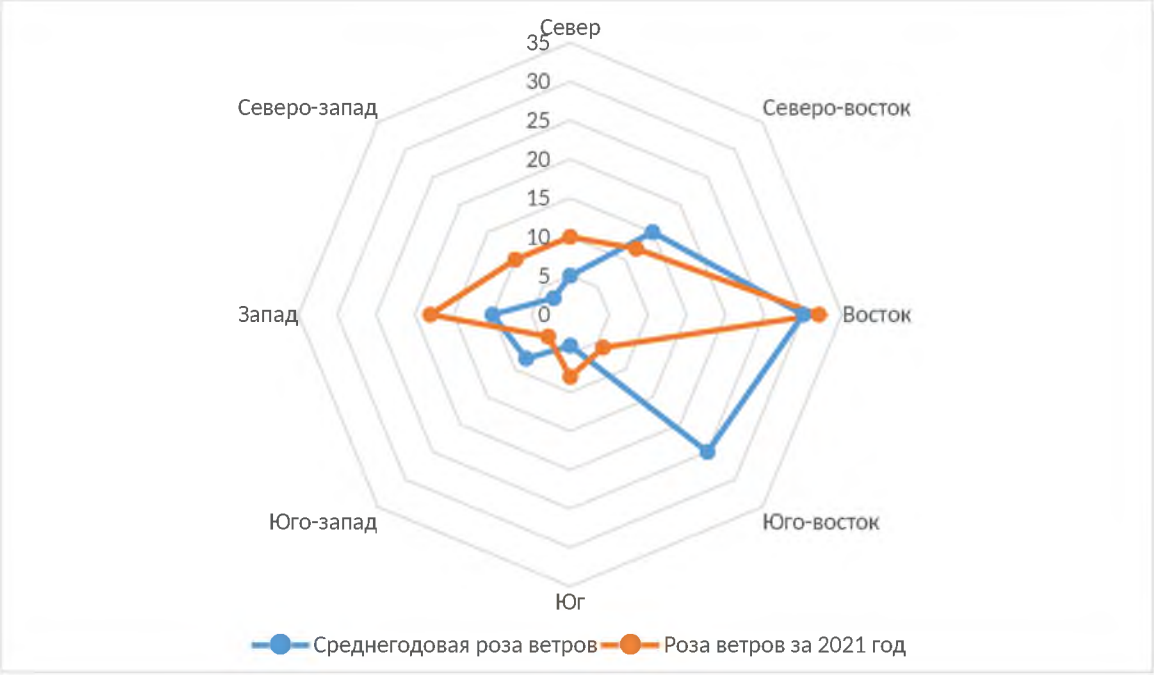

Рисунок 2.3 – Диаграмма розы ветров 2021 года и среднегодовой розы ветров Ростовской области

Средняя скорость ветра в регионе варьируется в зависимости от местоположения и высоты измерения, с наиболее актуальными данными, полученными с метеостанций, близких как к Каменско-Шахтинскому району, так и к Волгодонску, включая Ростов-на-Дону, Новочеркасск и Шахты. Для этих станций, расположенных в радиусе 30–80 км от Каменска-Шахтинского, измерения в приземном слое (на высоте около 10 м) показывают следующие значения (таблица 2.3) [8, с. 222].

Таблица 2.3 – Среднегодовая скорость ветра (м/с)

Месяц	Ростов-на-Дону	Новочеркасск	Шахты
Январь	5,0	5,2	5,1
Февраль	4,9	5,1	5,0
Март	5,4	5,6	5,5
Апрель	5,9	6,1	6,0
Май	5,7	5,9	5,8
Июнь	5,4	5,6	5,5
Июль	5,1	5,3	5,2
Август	4,9	5,1	5,0
Сентябрь	5,2	5,4	5,3
Октябрь	5,6	5,8	5,7
Ноябрь	5,3	5,5	5,4

Продолжение таблицы 2.3

Декабрь	5,0	5,2	5,1
Средняя за год	4,87	5,15	4,97

Далее средняя скорость ветра за 2021 год представлена в таблице 2.4

Таблица 2.4 – Средняя скорость ветра за 2021 год (м/с)

Месяц	Ростов-на-Дону	Новочеркасск	Шахты
Январь	5,0	5,2	5,1
Февраль	4,8	5,0	4,9
Март	5,5	5,7	5,6
Апрель	6,0	6,2	6,1
Май	5,8	6,0	5,9
Июнь	5,5	5,7	5,6
Июль	5,2	5,4	5,3
Август	5,0	5,2	5,1
Сентябрь	5,3	5,5	5,4
Октябрь	5,7	5,9	5,8
Ноябрь	5,4	5,6	5,5
Декабрь	5,0	5,2	5,1
Средняя за год	4,93	5,13	5,03

Далее, на рисунке 2.4, изображен график, на котором изображены данные о среднегодовой скорости ветра и средней скорости ветра за 2021 год.

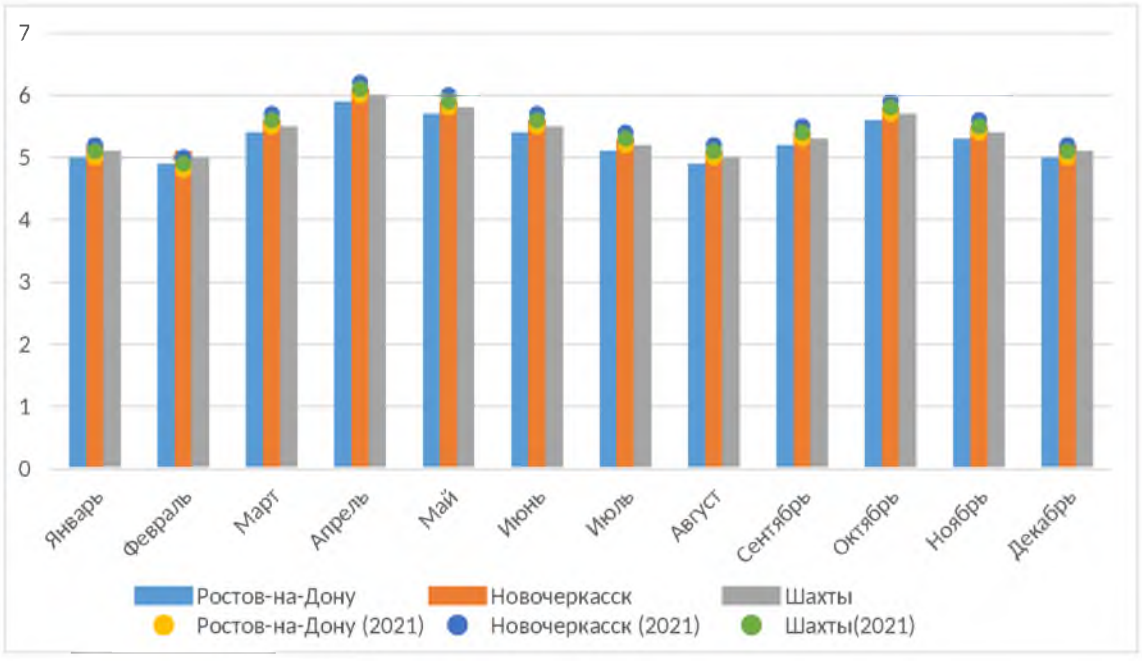

Рисунок 2.4 – График среднегодовой скорости ветра и скорости ветра за 2021 год (м/с)

Тенденция, которая выявляется на рисунке 2.4, говорит о том, что в среднем скорость ветра на исследуемых метеостанциях, за 2021 год незначительно выше, в сравнении со среднегодовой скорости ветра. Впрочем, незначительные изменения говорят о стабильной скорости ветра, что положительно влияет на производительность и долговечность ВЭС.

Осадки в регионе составляют 400–700 мм в год, с меньшим количеством в сухостепных восточных районах, что снижает вероятность коррозии оборудования (таблица 2.5) [14, с. 244-251].

Таблица 2.5 – Среднегодовое количество осадков исследуемых метеостанций (мм)

Месяц	Ростов-на-Дону	Новочеркасск	Шахты
Январь	35	38	34
Февраль	30	32	28
Март	35	37	33
Апрель	40	42	39
Май	50	52	48
Июнь	60	62	58
Июль	55	57	53
Август	45	47	43
Сентябрь	40	42	38
Октябрь	45	47	44
Ноябрь	40	42	39
Декабрь	35	37	34
Общее за год	510	526	489

Далее среднее количество осадков за 2021 год представлена в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Среднее количество осадков на исследуемых метеостанциях за 2021 год (мм)

Месяц	Ростов-на-Дону	Новочеркасск	Шахты
Январь	30	33	29
Февраль	25	28	24
Март	40	42	38
Апрель	35	37	34
Май	55	57	53
Июнь	65	67	63
Июль	50	52	48
Август	40	42	38

Продолжение таблицы 2.6

Сентябрь	45	47	44
Октябрь	50	52	49
Ноябрь	35	37	34
Декабрь	30	32	28
Общее за год	450	466	422

Далее, на рисунке 2.5, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовом количестве осадков и о количестве осадков за 2021 год

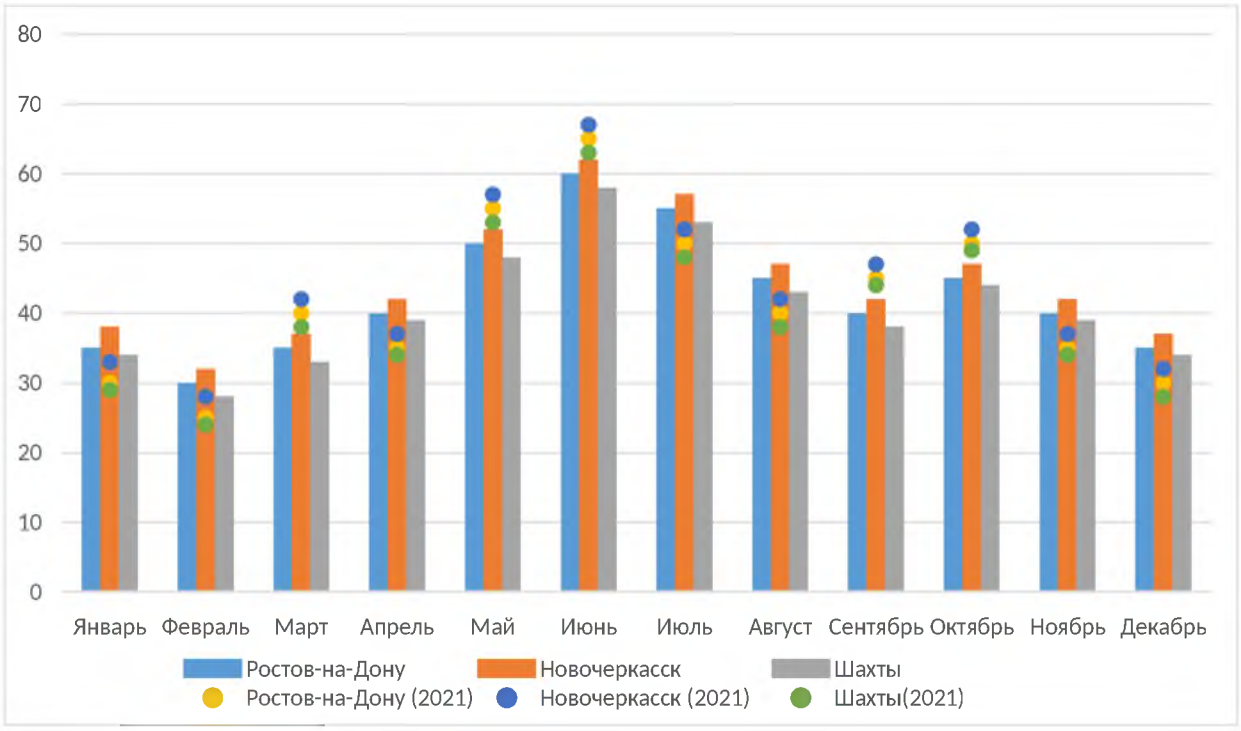

Рисунок 2.5 – График среднегодового количества осадков и количества осадков за 2021 год (мм)

Тенденция, изображенная на рисунке 2.5, показывает незначительное отклонение 2021 года от среднегодовой амплитуды: некоторые месяцы 2021 года проседают, такие как январь или декабрь, а некоторые, такие как май и июнь, имеют большее количество осадков, в сравнении со среднегодовыми показателями.

Так или иначе, незначительная разница означает стабильность, что хорошо сказывается на долговечности ВЭС [13, с. 122-124].

Среднегодовая температура в районе Каменско-Шахтинского и

Волгодонска может быть оценена на основе данных ближайших метеостанций: Шахты, Ростов-на-Дону и Новочеркасск (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Среднегодовая температура исследуемых метеостанций (С°)

Месяц	Ростов-на-Дону	Новочеркасск	Шахты
Январь	-6,2	-6,5	-6,3
Февраль	-5,8	-6,0	-5,9
Март	0,1	-0,2	0,0
Апрель	9,8	9,5	9,7
Май	16,5	16,2	16,4
Июнь	21,8	21,5	21,7
Июль	24,5	24,2	24,4
Август	23,0	22,7	22,9
Сентябрь	16,8	16,5	16,7
Октябрь	9,0	8,7	8,9
Ноябрь	1,5	1,2	1,4
Декабрь	-5,0	-5,3	-5,1
Средняя за год	8,8	8,54	8,73

Далее средняя температура на исследуемых метеостанциях за 2021 год представлена в таблице 2.8

Таблица 2.8 – Средняя температура за 2021 год на исследуемых метеостанциях(°С)

Месяц	Ростов-на-Дону	Новочеркасск	Шахты
Январь	-6,0	-6,3	-6,1
Февраль	-5,5	-5,8	-5,6
Март	0,5	0,2	0,4
Апрель	10,2	9,9	10,1
Май	17,0	16,7	16,9
Июнь	22,5	22,2	22,4
Июль	25,0	24,7	24,9
Август	23,5	23,2	23,4
Сентябрь	17,5	17,2	17,4
Октябрь	9,5	9,2	9,4
Ноябрь	2,0	1,7	1,9
Декабрь	-4,5	-4,8	-4,6
Общая за год	9,31	9,01	9,21

Далее, на рисунке 2.6, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовой температуре и о средней температуре за 2021 год

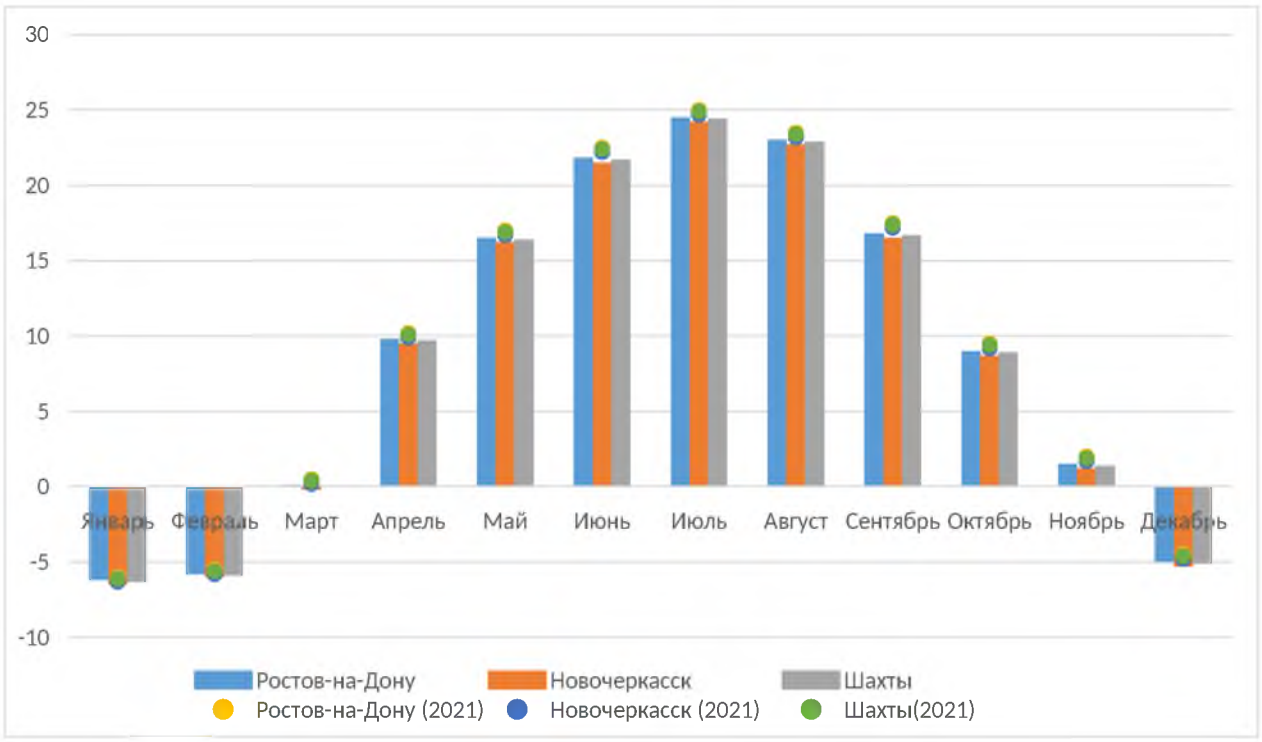

Рисунок 2.6 – График среднегодового количества осадков и количества осадков за 2021 год

На графике, изображенном на рисунке 2.6, наблюдается минимальное отклонение 2021 года от среднегодовых значений. Это хорошо сказывается на стабильности работы ВЭС, впрочем можно заметить, что большинство месяцев в 2021 году теплее, нежели в среднегодовой амплитуде.

Из этого можно делать выводы о глобальном потеплении и том, что в скором будущем разница будет лишь расти, что может угрожать стабильности работы ВЭС [9, с. 22].

2.2 Предпосылки использования ВЭС в республике Адыгея

Климат Адыгеи характеризуется умеренно-континентальным климатом с заметным влиянием горных массивов Северного Кавказа, что создаёт разнообразие ветровых режимов. Ветровой режим определяется розой ветров, основанной на данных за 30 лет (1990–2020), данные которого отображены в таблице 2.9 и в рисунке 2.7.

Таблица 2.9 – Среднегодовая роза ветров республики Адыгея

Направление	Повторяемость (%)
Север	10
Северо-восток	15
Восток	10
Юго-восток	10
Юг	10
Юго-запад	20
Запад	20
Северо-запад	5

Рисунок 2.7 – Среднегодовая роза ветров республики Адыгея

Адыгейская ВЭС была введена в эксплуатацию в 2020 году, поэтому, в таблице 2.10 и в рисунке 2.8, представлена информация о розе ветров за 2020 год.

Таблица 2.10 – роза ветров республики Адыгея за 2020 год

Направление	Повторяемость (%)
Север	8
Северо-восток	18
Восток	8
Юго-восток	10
Юг	10
Юго-запад	22
Запад	18
Северо-запад	6

Рисунок 2.8 – Роза ветров республики Адыгея за 2020 год

Далее, на рисунке 2.9, изображен график, на котором видны отличия между среднегодовой розой ветров и розой ветров за 2021 год в республике Адыгея.

Рисунок 2.9 – Диаграмма розы ветров 2020 года и среднегодовой розы ветров Ростовской области

В отличие от диаграммы Ростовской области, диаграмма республики Адыгея показывает лучшую стабильность: большинство направлений ветра сохранили свою долю исходящего ветра, отделавшись незначительными отклонениями. Это способствует стабильной производительности ВЭС.

Средняя скорость ветра на границе Шовгеновского и Гиагинского районов Республики Адыгея может быть оценена на основе данных трёх ближайших метеостанций: Майкоп (примерно 40 км к югу), Адыгейск (около 50 км к северо-западу) и Краснодар (примерно 100 км к северо-западу), которые отражают климатические условия равнин и предгорий Адыгеи. Данные о скорости ветра на исследуемых метеостанциях представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Среднегодовая скорость ветра на исследуемых метеостанциях (м/с)

Месяц	Майкоп	Адыгейск	Краснодар
Январь	2,2	2,4	2,6
Февраль	2,2	2,4	2,6
Март	2,1	2,3	2,5
Апрель	2,0	2,2	2,4
Май	1,9	2,1	2,3
Июнь	1,8	2,0	2,2
Июль	1,8	2,0	2,2
Август	1,8	2,0	2,2
Сентябрь	1,9	2,1	2,3
Октябрь	2,0	2,2	2,4
Ноябрь	2,2	2,4	2,6
Декабрь	2,2	2,4	2,6
Средняя за год	2	2,2	2,4

Далее в таблице 2.12 представлена средняя скорость ветра за 2020 год.

Таблица 2.12 – Средняя скорость ветра за 2020 год на исследуемых метеостанциях (м/с)

Месяц	Майкоп	Адыгейск	Краснодар
Январь	2,3	2,5	2,7
Февраль	2,3	2,5	2,7
Март	2,2	2,4	2,6

Продолжение таблицы 2.12

Апрель	2,1	2,3	2,5
Май	2,0	2,2	2,4
Июнь	1,9	2,1	2,3
Июль	1,9	2,1	2,3
Август	1,9	2,1	2,3
Сентябрь	2,0	2,2	2,4
Октябрь	2,1	2,3	2,5
Ноябрь	2,3	2,5	2,7
Декабрь	2,3	2,5	2,7
Средняя за год	2,08	2,28	2,48

Далее, на рисунке 2.10, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовой скорости ветра и о средней скорости ветра за 2020 год.

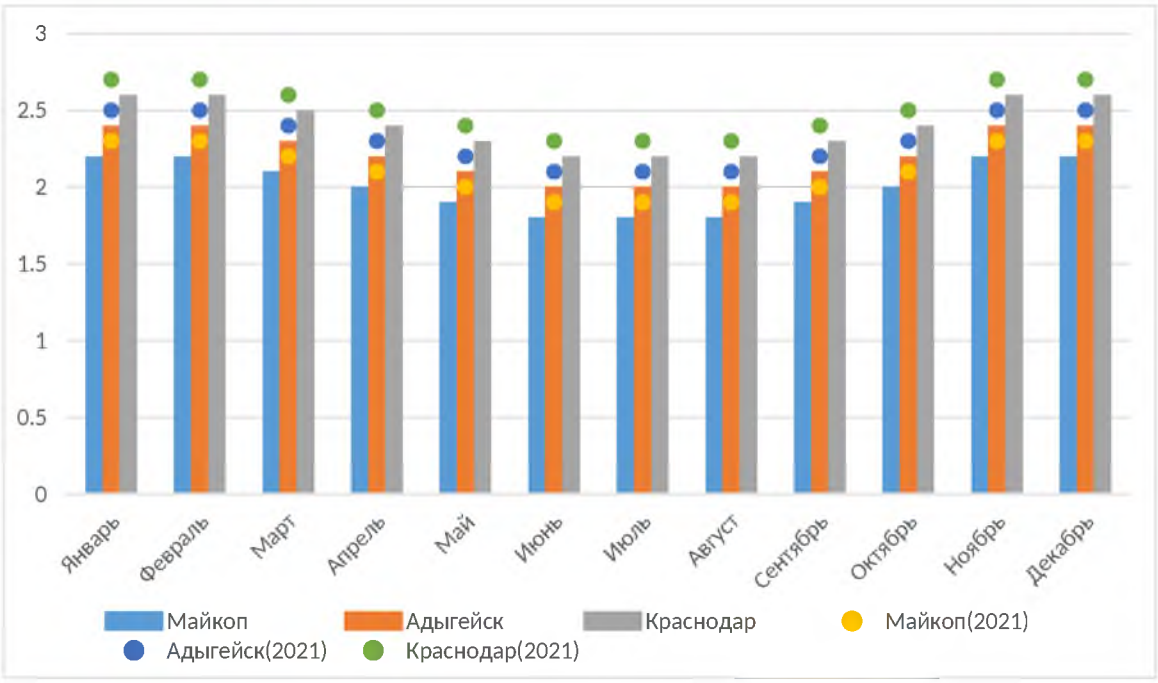

Рисунок 2.10 – График среднегодового количества осадков и количества осадков за 2020 год (м/с)

На графике, изображенном на рисунке 2.10, можно наблюдать тенденцию роста средней скорости ветра в 2020 году, в сравнении со среднегодовыми показателями. Хоть увеличение средней скорости ветра положительно сказывается на производительности ВЭС, стоит отметить, что скорость ветра в республике Адыгея значительно ниже, нежели в Ростове-на-Дону, что говорит

о меньшей перспективности расположения ВЭС в регионе, по сравнению с Ростовом.

Среднегодовое количество осадков на границе Шовгеновского и Гиагинского районов Республики Адыгея можно оценить на основе климатических данных региона и информации с ближайших метеостанций, данные о котором изображена на таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Среднегодовое количество осадков на исследуемых метеостанциях (мм).

Месяц	Майкоп	Адыгейск	Краснодар
Январь	80	70	70
Февраль	56	50	50
Март	70	60	60
Апрель	80	65	65
Май	98	80	80
Июнь	90	85	85
Июль	85	70	70
Август	60	40	39
Сентябрь	60	45	45
Октябрь	70	60	60
Ноябрь	80	70	70
Декабрь	86	75	75
Общее за год	875	770	769

Далее, в таблице 2.14, представлено среднее количество осадков на исследуемых метеостанциях за 2020 год.

Таблица 2.14 – Среднее количество осадков за 2020 год на исследуемых метеостанциях (мм)

Месяц	Майкоп	Адыгейск	Краснодар
Январь	75	65	65
Февраль	50	45	45
Март	65	55	55
Апрель	75	60	60
Май	80	50	30
Июнь	85	80	80
Июль	80	65	65
Август	55	35	35

Продолжение таблицы 2.14

Сентябрь	55	40	40
Октябрь	65	55	55
Ноябрь	75	65	65
Декабрь	80	70	70
Общее за год	720	550	530

Далее, на рисунке 2.11, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовом количестве осадков и о количестве осадков за 2021 год

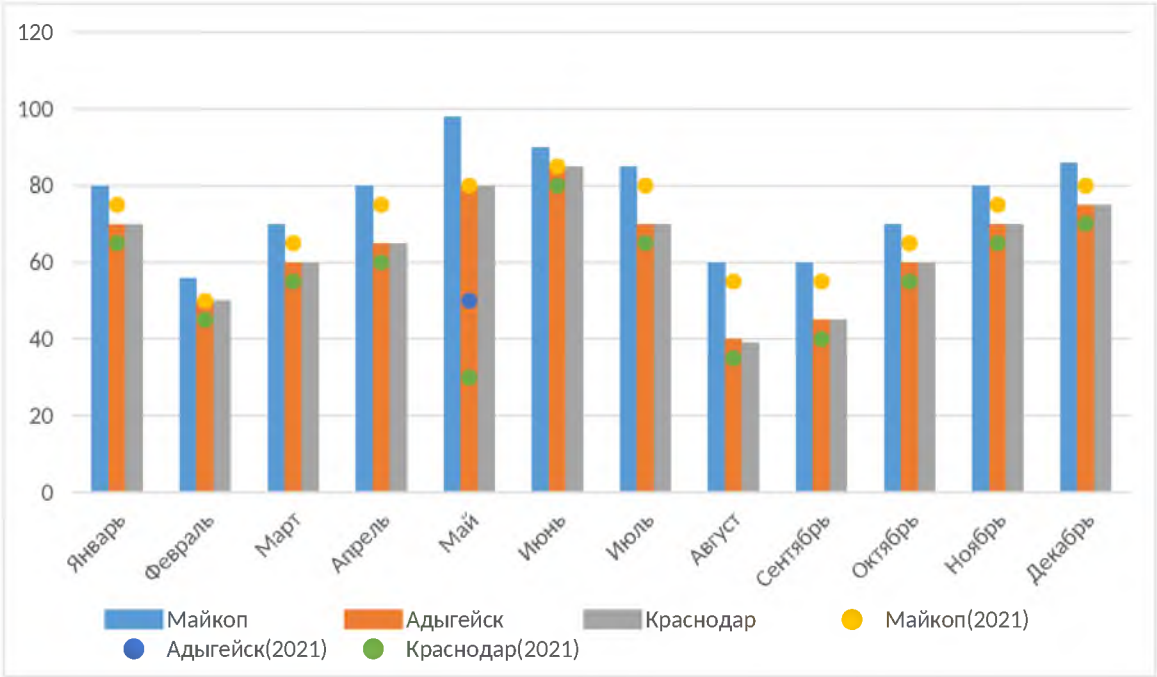

Рисунок 2.11 – График среднегодового количества осадков и количества осадков за 2021 год (мм)

Исходя из данных, приведенных на рисунке 2.11, можно увидеть, как данные за 2021 год сильно отличаются от среднегодовых: май в Адыгейске и Краснодаре выдался сухим, в отличие от среднегодового варианта, когда как в Майкопе за 2021 год практически во всех случаях выпало больше осадков, в сравнении со среднегодовыми показателями.

Для стабильной работы ВЭС данные показатели все еще находятся в рамках нормы.

Среднегодовая температура на границе Шовгеновского и Гиагинского районов Республики Адыгея оценивается на основе данных трёх ближайших

метеостанций, данные о которой представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Среднегодовая температура на исследуемых метеостанциях(°С)

Месяц	Майкоп	Адыгейск	Краснодар
Январь	–1,7	0,5	0,0
Февраль	–0,5	1,0	1,5
Март	4,0	5,0	5,5
Апрель	10,0	11,0	11,5
Май	15,0	16,0	16,5
Июнь	19,0	20,0	20,5
Июль	22,0	23,5	24,0
Август	21,0	22,5	23,0
Сентябрь	16,0	17,0	17,5
Октябрь	10,0	11,0	11,5
Ноябрь	4,0	5,0	5,5
Декабрь	0,0	1,5	2,0
Средняя за год	11,5	11,5	12,7

Ниже, в таблице 2.16, представлены данные о температуре за 2020 год.

Таблица 2.16 – Средняя температура воздуха за 2020 год на исследуемых метеостанциях(°С)

Месяц	Майкоп	Адыгейск	Краснодар
Январь	–1,0	1,0	0,5
Февраль	0,0	1,5	2,0
Март	4,5	5,5	6,0
Апрель	10,5	11,5	12,0
Май	15,5	16,0	16,0
Июнь	19,5	20,5	21,0
Июль	22,5	24,0	24,5
Август	21,5	23,0	23,5
Сентябрь	16,5	17,5	18,0
Октябрь	10,5	11,5	12,0
Ноябрь	4,5	5,5	6,0
Декабрь	0,5	2,0	2,5
Средняя за год	12,0	12,0	13,2

Далее, на рисунке 2.12, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовой температуре и о средней температуре за 2021 год.

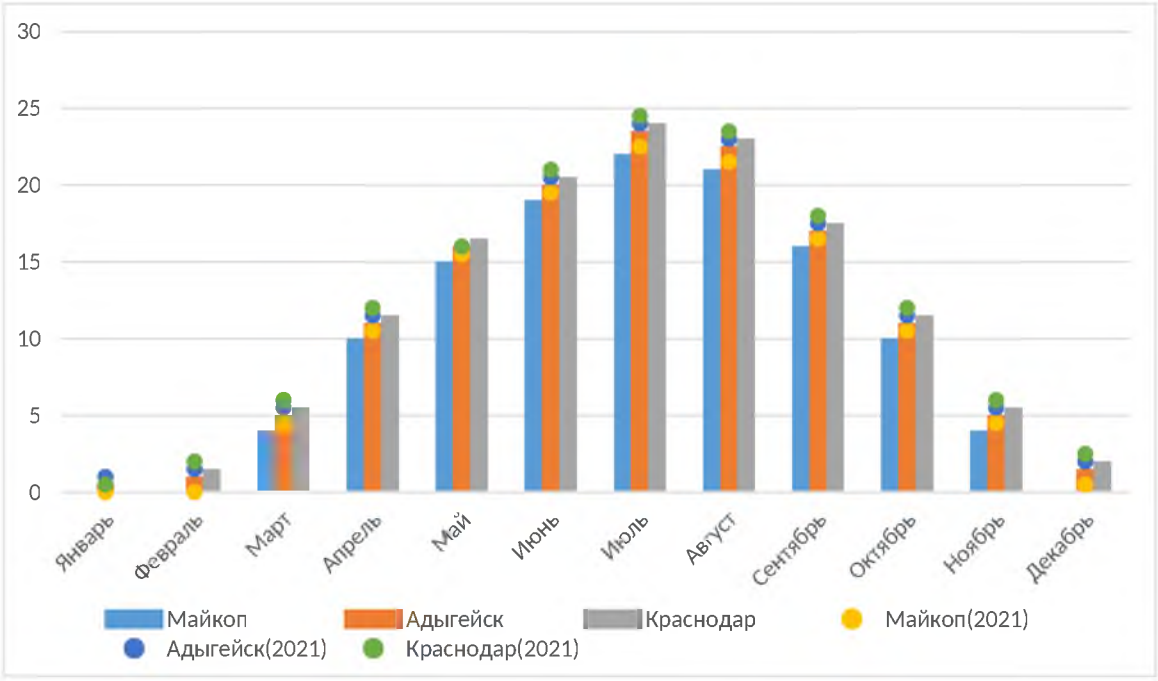

Рисунок 2.12 – График среднегодовой температуре и средней температуре за 2021 год (°С)

Исходя из данных, приведенных на рисунке 2.12, можно заметить минимальное отклонение температурного режима за 2021 год, в сравнении со среднегодовыми показателями. Стабильный температурный режим способствует более стабильной работе ВЭС [18, с. 320].

2.3 Предпосылки использования ВЭС в Ставропольском крае

Климат Ставропольского края умеренно-континентальный с выраженными сезонными контрастами, где ветровой режим играет ключевую роль из-за расположения региона между Чёрным и Каспийским морями. Роза ветров за 30 лет (1990–2020) отображена в таблице 2.17 и на рисунке 2.13.

Таблица 2.17 – Среднегодовая роза ветров Ставропольского края

Направление	Повторяемость (%)
Север	8
Северо-восток	12
Восток	20
Юго-восток	10
Юг	8

Продолжение таблицы 2.17

Юго-запад	12
Запад	22
Северо-запад	8

Рисунок 2.13 – Среднегодовая роза ветров Ставропольского края

Кочубеевская ВЭС введена в эксплуатацию в 2021 год, поэтому далее, в таблице 2.18 и в рисунке 2.14 будет описана роза ветров за 2021 год.

Рисунок 2.14 – Роза ветров Ставропольского края за 2021 год

Таблица 2.18 – Роза ветров Ставропольского края за 2021 год

Направление	Повторяемость (%)
Север	7
Северо-восток	13
Восток	18
Юго-восток	10
Юг	8
Юго-запад	14
Запад	20
Северо-запад	10

Далее, на рисунке 2.15, изображен график, на котором видны отличия между среднегодовой розой ветров и розой ветров за 2021 год в республике Адыгея.

Рисунок 2.15 – Диаграмма розы ветров 2021 года и среднегодовой розы ветров Ростовской области

Средняя скорость ветра в Кочубеевском районе Ставропольского края оценивается на основе данных трёх ближайших метеостанций: Невинномысск (примерно 13 км к востоку), Ставрополь (около 50 км к северо-востоку) и Черкесск (около 60 км к югу), которые отражают климатические условия равнинно-предгорной зоны региона. Данные о средней скорости ветра

представлены ниже, в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Среднегодовая скорость ветра на исследуемых метеостанциях (м/с)

Месяц	Невинномысск	Ставрополь	Черкесск
Январь	3,2	3,8	2,7
Февраль	3,4	4,0	2,9
Март	3,4	4,0	2,9
Апрель	3,1	3,6	2,6
Май	2,9	3,4	2,4
Июнь	2,7	3,2	2,2
Июль	2,7	3,2	2,2
Август	2,7	3,2	2,2
Сентябрь	2,9	3,4	2,4
Октябрь	3,0	3,5	2,5
Ноябрь	3,2	3,8	2,7
Декабрь	3,2	3,8	2,7
Среднегодовая	3,0	3,5	2,5

Далее представлена информация о средней скорости ветра за 2021 год (таблица 2.20).

Таблица 2.20 – Средняя скорость ветра за 2020 год на исследуемых метеостанциях (м/с)

Месяц	Невинномысск (	Ставрополь	Черкесск
Январь	3,4	4,0	2,9
Февраль	3,6	4,2	3,1
Март	3,6	4,2	3,1
Апрель	3,3	3,8	2,8
Май	3,1	3,6	2,6
Июнь	2,9	3,4	2,4
Июль	2,9	3,4	2,4
Август	2,9	3,4	2,4
Сентябрь	3,1	3,6	2,6
Октябрь	3,2	3,7	2,7
Ноябрь	3,4	4,0	2,9
Декабрь	3,4	4,0	2,9
Среднегодовое	3,2	3,7	2,7

Далее, на рисунке 2.16, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовой скорости ветра и о средней скорости ветра за 2020 год.

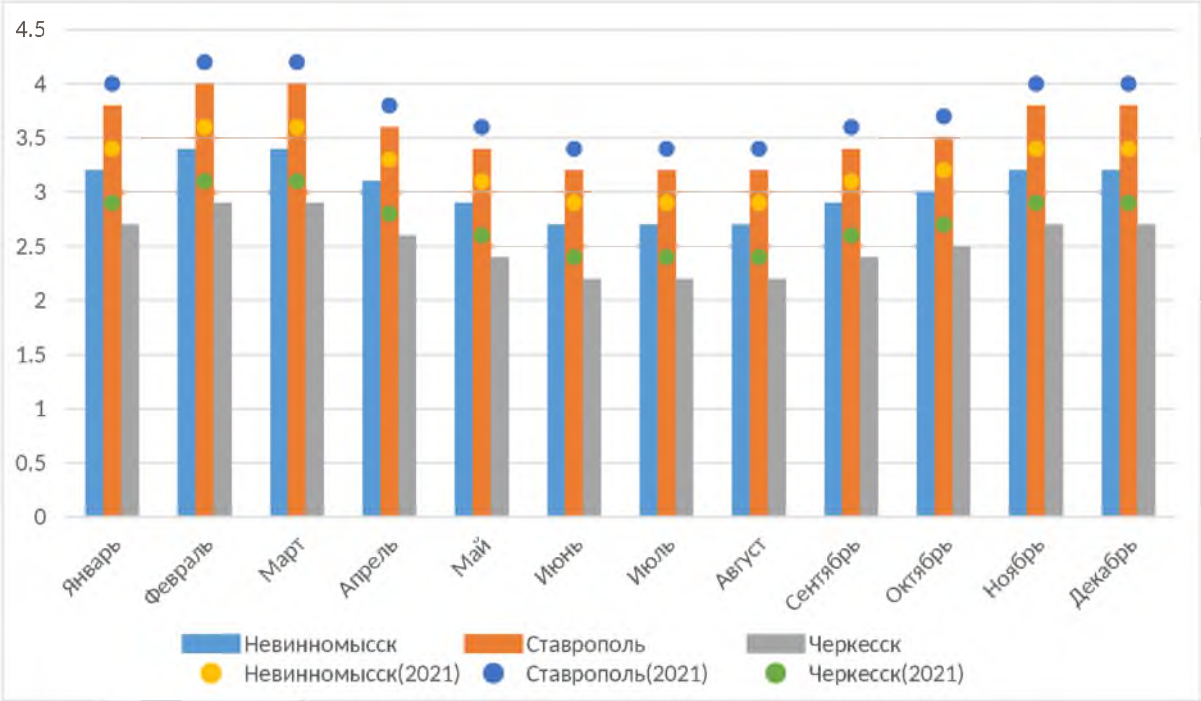

Рисунок 2.16 – График среднегодовой скорости ветра и средней скорости ветра за 2020 год (м/с)

Данные, приведенные на рисунке 2.16, показывают удивительно четкую тенденцию: скорость ветра в Невинномысске и в Черкесске за 2020 год по сравнению со среднегодовой амплитудой везде ниже, когда как Ставропольский ветер 2021 года везде быстрее, в отличие от среднегодовых данных. Впрочем, разница все еще незначительная, приемлемая скорость ветра для продуктивной работы ВЭС достигнута.

Среднегодовое количество осадков в Кочубеевском районе измеряется на основе трех ближайший метеостанциях, информация о котором отображена в таблице 2.21.

Таблица 2.21 – Среднегодовое количество осадков на исследуемых метеостанциях (мм)

Месяц	Невинномысск	Ставрополь	Черкесск
Январь	45	41	50
Февраль	40	41	45
Март	50	45	55
Апрель	60	55	65
Май	100	90	100

Продолжение таблицы 2.21

Июнь	90	100	90
Июль	80	70	80
Август	50	45	55
Сентябрь	45	40	50
Октябрь	50	45	55
Ноябрь	55	50	60
Декабрь	55	50	60
Итого	650	600	700

Далее, в таблице 2.22, представлена информация о среднем количестве осадков за 2021 год

Таблица 2.22 – Среднее количество осадков за 2021 год на исследуемых метеостанциях (мм)

Месяц	Невинномысск	Ставрополь	Черкесск
Январь	40	35	45
Февраль	35	35	40
Март	45	40	50
Апрель	55	50	60
Май	70	4	80
Июнь	80	90	80
Июль	70	60	70
Август	45	40	50
Сентябрь	40	35	45
Октябрь	45	40	50
Ноябрь	50	45	55
Декабрь	50	45	55
Итого	600	550	650

Далее изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовом количестве осадков и о среднем количестве осадков за 2021 год (рисунок 2.17).

Исходя из данных рисунка 2.17, видно, что в большинстве случаев тенденция одна и та же: за 2021 в Черкесске выпало больше осадков, чем за среднегодовой период, когда как Ставрополь и Невинномысск выдался суше. Аномальным месяцем является май 2021 года: там в мае выпало практически нулевое количество осадков. Впрочем, это никак не сказывается на стабильности работы ВЭС.

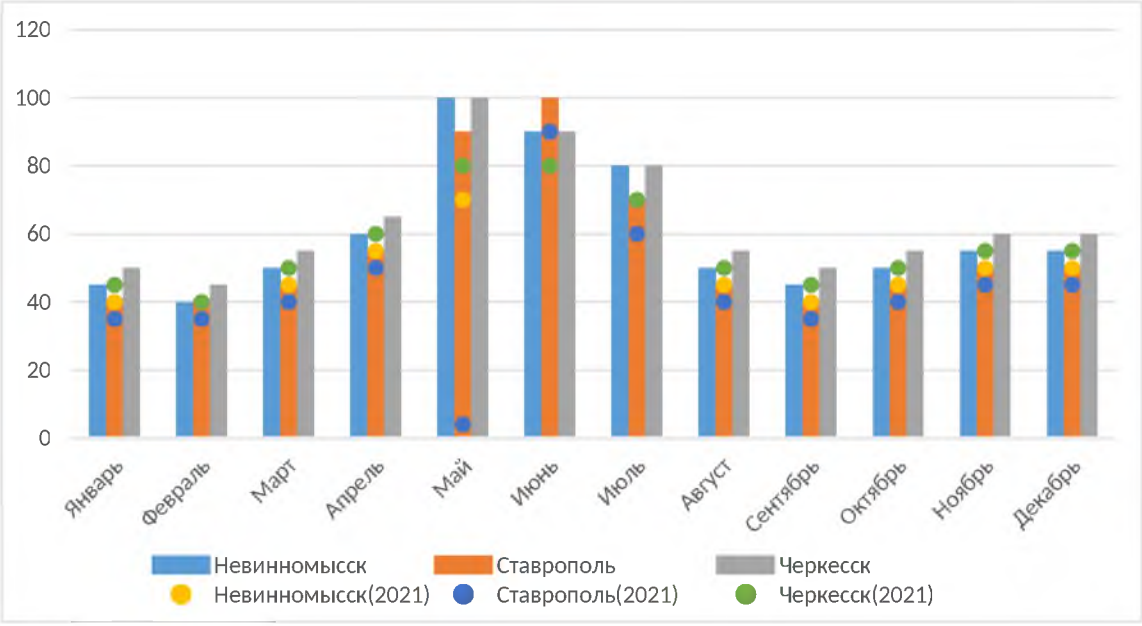

Рисунок 2.17 – График среднегодового количества осадков и количества осадков за 2021 год (м/с)

Средняя температура в Кочубеевском районе Ставропольского края, включая село Кочубеевское, оценивается на основе данных трёх ближайших метеостанций, данные о которой отображены в таблице 2.23.

Таблица 2.23 – Среднегодовая температура воздуха на исследуемых метеостанциях (°С)

Месяц	Невинномысск	Ставрополь	Черкесск
Январь	–3,0	–4,0	–3,5
Февраль	–2,0	–3,0	–2,5
Март	3,0	2,0	2,5
Апрель	9,0	8,0	8,5
Май	15,0	14,0	14,5
Июнь	19,0	18,0	18,5
Июль	22,0	21,0	21,5
Август	21,0	20,0	20,5
Сентябрь	16,0	15,0	15,5
Октябрь	10,0	9,0	9,5
Ноябрь	4,0	3,0	3,5
Декабрь	0,0	–1,0	–0,5
Среднегодовая	11,2	10,1	10,2

Далее, в таблице 2.24, представлены данные о средней температуре

воздуха за 2021 год.

Таблица 2.24 – Средняя температура воздуха за 2021 год на исследуемых метеостанциях (°С)

Месяц	Невинномысск	Ставрополь	Черкесск
Январь	–2,5	–3,5	–3,0
Февраль	–1,5	–2,5	–2,0
Март	3,5	2,5	3,0
Апрель	9,5	8,5	9,0
Май	15,5	14,5	15,0
Июнь	19,5	18,5	19,0
Июль	22,5	21,5	22,0
Август	21,5	20,5	21,0
Сентябрь	16,5	15,5	16,0
Октябрь	10,5	9,5	10,0
Ноябрь	4,5	3,5	4,0
Декабрь	0,5	–0,5	0,0
Среднегодовая	11,7	10,6	10,7

Далее, на рисунке 2.18, изображен график, на котором выявлены данные о среднегодовой температуре и о средней температуре за 2021 год

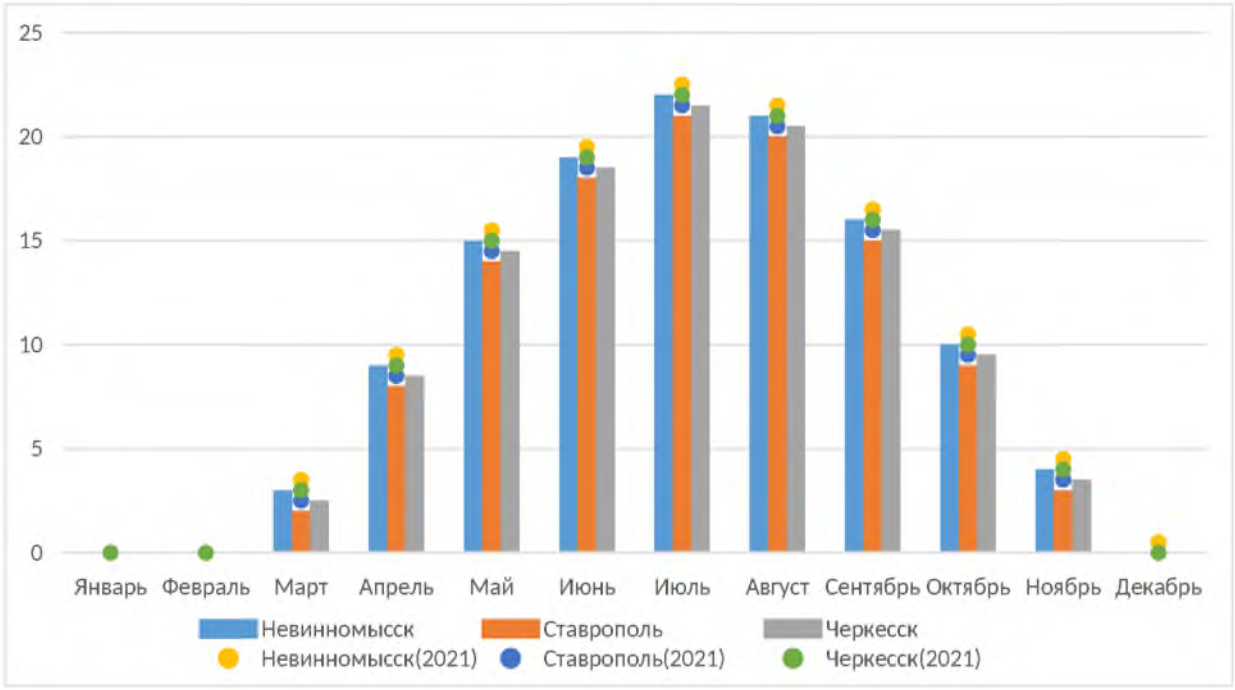

Рисунок 2.18 – График среднегодовой температуры и средней температуры за 2021 год (°С)

На рисунке 2.18 видно, что средняя температура за 2021 год, в отличие от среднегодовых показателей выше практически везде: их данные практически равны лишь в зимние месяцы. Разница для стабильной работы ВЭС минимальная.

3 Использование ВЭС в сферах народного хозяйства.

Прежде чем проводить оценку использования ВЭС в сферах народного хозяйства, стоит сравнить количество вырабатываемой энергии с другими источниками.

Энергетический баланс Ростова-на-Дону и Ростовской области в значительной степени зависит от традиционных источников энергии, таких как тепловые электростанции (ТЭС), работающие на природном газе и угле, которые обеспечивают основную долю выработки электроэнергии благодаря развитой инфраструктуре региона. Гидроэнергетика играет вспомогательную роль, представленная небольшими гидроэлектростанциями на реке Дон, но её вклад минимален из-за ограниченного гидропотенциала.

Солнечная энергия развивается медленно из-за нестабильности солнечного излучения в умеренном климате, хотя некоторые проекты СЭС начинают появляться. Ветровая энергетика, напротив, активно набирает обороты: в 2022 году суммарная мощность ВЭС в Ростовской области составила около 607,3 МВт, с выработкой примерно 1,7 млрд кВт·ч, что составляет около 3,8% от общей выработки региона (около 44,3 млрд кВт·ч в 2021 году, с ростом в 2022 году до примерно 45 млрд кВт·ч). Это делает ВЭС значимым, но всё ещё второстепенным источником по сравнению с ТЭС, (таблица 3.1) [22].

Таблица 3.1 – Выработка энергии разными источниками

Источник энергии	Установленная мощность (МВт)	Выработка в 2022 году (млн квт/ч)	Общая доля от выработки (%)
Тепловые электростанции	~4000	~40000	~88,9%
Гидроэлектростанции	~100	~200	~0,4%
Солнечные электростанции	~50	~100	~0,2%
Ветряные электростанции	~600	~1700	~3,8%
Итого	~4150	~42000	~100%

Агропромышленный сектор Ростовской области –одна из важнейших сфер народного хозяйства, являясь стержнем экономики, опираясь на плодородные чернозёмы, занимающие свыше 65% земель, и мягкий климат, подходящий для зерновых и масличных культур. Разведение скота и рыболовство на Цимлянском водохранилище дополняют растениеводство, а передовые технологии, такие как метеодатчики, помогают справляться с природными рисками.

Энергия от Каменско-Красносулинской и Марченковской ВЭС, покрывает до 17% нужд предприятий, за пример взят ОАО "Астон" (оценочно 10,000 МВт·ч/год).

Энергии ВЭС недостаточно, чтобы полностью удовлетворить нужды "Астон", но ее можно использовать в качестве вторичного источника энергии, предотвращая прекращение работы, в случае перебоев энергии со стороны традиционных источников энергии.

Промышленность Ростовской области формирует экономический костяк региона, внося 28% продукции Южного федерального округа благодаря разнообразию производств. Обрабатывающий сектор, включающий машиностроение и металлургию, составляет 78,8% выпуска, с лидерами вроде ОАО "Ростсельмаш" и ПАО "Тагмет", производящими технику и трубы.

Каменско-Красносулинская и Марченковская ВЭС, обеспечивают 3-4% энергии для "Ростсельмаша" (около 50,000 МВт·ч/год) и "Тагмета" (40,000 МВт·ч/год). Это достаточно малый процент покрытия энергопотребления, так что будет рационально использовать энергию ВЭС для менее энергозатратных предприятий.

Жилищно-коммунальный сектор Ростовской области обеспечивает базовые нужды 4,2 млн жителей, сосредотачиваясь на городах вроде Ростова-на-Дону и Таганрога. МУП "Водоканал" снабжает питьевой водой более 1 млн человек, перерабатывая 100 млн кубометров стоков ежегодно, а котельные и уличное освещение (свыше 150 тыс. точек) зависят от централизованных источников.

Энергия от Каменско-Красносулинской и Марченковской ВЭС, покрывает до 11,3% нужд "Водоканала" (около 15,000 МВт·ч/год). При невозможности полностью покрыть энергопотребление "Водоканала", ВЭС, как и в случае с агропромышленным комплексом, может служить вторичным источником энергии.

Транспортная сеть Ростовской области связывает регион с южными рынками, опираясь на железные дороги ОАО "РЖД", перевозящие 50 млн тонн грузов по 1,200 км путей. Автобусные маршруты ОАО "Ростовское автотранспортное предприятие" обслуживают 4,2 млн жителей, а порт Азов и аэропорт Платов дополняют логистику.

Каменско-Красносулинская и Марченковская ВЭС, обеспечивают до 85% энергии для "Ростовского автотранспортного предприятия" (около 2,000 МВт·ч/год), снижая расходы. Для ОАО "РЖД" (100,000 МВт·ч/год) это 1,7%, питая сигнальные системы, а экологическая выгода от сокращения выбросов видна вдоль трасс, хотя затишья требуют накопителей. В случае с "РЖД" процент покрытия электропотребления слишком низок, когда как для автотранспортного предприятия процент покрытия очень высок. Это может позволить быть не просто вторичным источником энергии, а основным, когда как более традиционные источники энергии могут покрыть оставшиеся 15% потребления.

Сфера связи Ростовской области обеспечивает цифровую экосистему для 4,2 млн жителей через ПАО "Ростелеком", обслуживающего 1,5 млн абонентов, и операторов вроде "МегаФона" и "МТС" с 90% покрытием. Тысячи станций и серверов потребляют 3-7 ГВт·ч в год.

Каменско-Красносулинская и Марченковская ВЭС покрывают до 34% нужд "Ростелекома" (около 5,000 МВт·ч/год), сокращая расходы на 10-15% и усиливая автономность вышек.

Это достаточно высокий процент, позволяя выступать на равных с традиционными источниками энергии.

Энергетическая структура Республики Адыгея опирается в основном на

приток электроэнергии из соседних регионов, таких как Краснодарский край и Ростовская область, поскольку собственная генерация ограничена из-за небольшого масштаба региона.

Основной источник энергии — это небольшие тепловые станции и дизельные генераторы, используемые для локального энергоснабжения, особенно в удалённых районах, где доля биомассы (например, от сельскохозяйственных отходов) постепенно растёт как альтернативный источник.

Солнечная энергия развивается медленно, ограниченная сезонностью, а гидроэнергетика представлена малыми ГЭС, которые обеспечивают лишь часть потребностей.

Ветроэнергетика стала заметным фактором благодаря Адыгейской ВЭС, запущенной в 2020 году: в 2022 году её мощность составила 150 МВт, с выработкой около 354 млн кВт·ч, что покрывает примерно 20% потребления региона (около 1,77 млрд кВт·ч в год). По сравнению с традиционными источниками, доля ВЭС невелика, но она играет ключевую роль в снижении энергодефицита и зависимости от внешних поставок, демонстрируя потенциал для дальнейшего роста в условиях благоприятного рельефа и ветрового режима (таблица 3.2) [21].

Таблица 3.2 – Выработка энергии разными источниками

Источник энергии	Установленная мощность (МВт)	Выработка в 2022 году (млн квт/ч)	Общая доля от выработки (%)
Тепловые электростанции	~50	~500	~51,87%
Гидроэлектростанции	~20	~100	~10,37%
Солнечные электростанции	~5	~10	~1,04%
Ветряные электростанции	~150	~354	~36,72%
Итого	~225	~964	~100%

Агропромышленный сектор Республики Адыгея служит основой местного хозяйства, опираясь на плодородные земли Прикубанской равнины и

мягкий климат, смягчённый близостью Черного моря. В 2022 году регион собрал около 300 тыс. тонн зерновых и значительные объёмы овощей, укрепляя своё место в продовольственной цепочке Юга России, хотя засушливые периоды 2024-2025 годов снизили урожайность на 10% без ирригации.

Энергия от Адыгейской ВЭС покрывает до 15% нужд предприятий вроде ООО "Агрофирма Майкопская" (оценочно 2,000 МВт·ч/год). Помимо того, что 15% это достаточно для того, чтобы выступать на второстепенных ролях, стоит отметить хорошее расположение ВЭС, скотоводство и садоводство, хорошо развиты в Шовгеновском районе, что хорошо сказывается на логистике.

Промышленность Адыгеи формирует основу экономики, внося около 15% регионального ВРП благодаря пищевой, деревообрабатывающей и строительной отраслям. Заводы, такие как АО "Адыгейский ликеро-водочный", производят спиртные напитки, а предприятия в Майкопе выпускают мебель и стройматериалы, поддерживая экспорт до 10% продукции.

Адыгейская ВЭС, обеспечивает 4-5% энергии для "Ликеро-водочного завода" (оценочно 10,000 МВт·ч/год). Как в случае с Ростовом, промышленность потребляет слишком много энергии, чтобы ВЭС выступала даже на второстепенных ролях, будет разумно распределить энергию между менее потребляющими предприятиями.

Жилищно-коммунальный сектор Адыгеи обеспечивает комфорт для 463 тыс. жителей, сосредотачиваясь на Майкопе и пригородах. МУП "Горводоканал" снабжает водой около 60 тыс. человек, перерабатывая 15 млн кубометров стоков ежегодно, а котельные и освещение улиц зависят от местных источников.

Энергия от Адыгейской ВЭС покрывает до 12% нужд "Горводоканала" (оценочно 5,000 МВт·ч/год). Столь малая доля покрытия позволяет ВЭС лишь быть на второстепенных ролях в рамках энергопокрытия нужд канала.

Транспортная сеть Адыгеи связывает регион с соседними территориями, опираясь на автодороги и небольшую железнодорожную ветку в Майкопе, перевозящую 1 млн тонн грузов ежегодно. ООО "Автолайн Адыгея"

обслуживает маршруты для 463 тыс. жителей.

Адыгейская ВЭС обеспечивает до 80% энергии для "Автолайна" (оценочно 1,000 МВт·ч/год), снижая расходы. Для железной дороги (5,000 МВт·ч/год) это 3%. ВЭС может хорошо показать себя для обеспечения энергией "Автолайна", покрывая большую часть нужд кампании, когда как для железной дороги процент слишком мал даже для использования ВЭС на второстепенной роли.

Сфера связи Адыгеи поддерживает цифровую среду для 463 тыс. жителей через ПАО "Ростелеком", обслуживающее 100 тыс. абонентов, и операторов вроде "МегаФона" с 85% покрытием, Сотни станций и серверов потребляют 1-2 ГВт·ч в год.

Адыгейская ВЭС покрывает до 30% нужд "Ростелекома" (оценочно 2,000 МВт·ч/год). Подобный процент вполне сочетается с уже устоявшейся ролью ВЭС – быть второстепенным источником энергии.

Энергетика Ставропольского края опирается на разнообразные источники, где тепловые электростанции, работающие на газе, остаются доминирующими благодаря развитой газовой инфраструктуре и наличию месторождений. Гидроэнергетика представлена несколькими ГЭС на реках Кубань и Кума.

Солнечная энергия активно развивается благодаря высокому уровню инсоляции, особенно в южных районах, что способствует росту числа СЭС. Ветроэнергетика приобретает вес благодаря проектам, таким как Кочубеевская и Бондаревская ВЭС: в 2022 году суммарная мощность ВЭС в регионе достигла около 775,3 МВт, с выработкой примерно 2,1 млрд кВт·ч, что составляет около 5,2% от общей выработки (около 40 млрд кВт·ч в год). По сравнению с ТЭС, которые генерируют более 85% энергии, вклад ВЭС пока скромен, но рост мощностей, включая проекты "Росатома", указывает на значительный потенциал, особенно в условиях равнинного рельефа и устойчивых ветров, что делает регион перспективным для дальнейшего расширения возобновляемых источников (таблица 3.3) [10, с. 155-167].

Таблица 3.3 – Вырабатываемая энергия разными источниками

Источник энергии	Установленная мощность (МВт)	Выработка в 2021 году (млн кВт·ч)	Общая доля от выработки (%)
Тепловые электростанции	~4029,4	~12 500	75,76
Гидроэлектростанции	~261,05	~1 200	7,27
Солнечные электростанции	~100	~150	0,91
Ветряные электростанции	~450	~2 650	16,06
Итого	~4840,45	~16 500	100

Агропромышленный сектор Ставропольского края служит опорой экономики, опираясь на плодородные равнины Ставропольской возвышенности и умеренный климат, подходящий для зерновых и технических культур. В 2022 году регион собрал около 8 млн тонн зерна и значительные объёмы подсолнечника, укрепляя статус аграрного лидера Юга России, хотя засушливые периоды 2024-2025 годов сократили урожайность на 12% без орошения. Скотоводство и садоводство, особенно в Кочубеевском районе, дополняют растениеводство, а метеоинструменты помогают адаптироваться к перепадам погоды.

Энергия от Кочубеевской ВЭС покрывает до 18% нужд предприятий вроде ООО "Агрофирма Ставропольская" (оценочно 3,000 МВт·ч/год). Этого достаточно, чтобы ВЭС могла быть второстепенным источником энергии.

Промышленность Ставропольского края формирует экономический стержень региона, внося 25% ВРП благодаря химии, машиностроению и переработке. Заводы, такие как АО "Ставролен" в Будённовске, производят полимеры, а предприятия в Ставрополе выпускают оборудование, поддерживая экспорт до 15% продукции. Ветреный климат предгорий влияет на энергозатраты цехов, особенно в южных зонах.

Кочубеевская ВЭС, обеспечивает 3-5% энергии для "Ставролена" (оценочно 80,000 МВт·ч/год). Кочубеевская ВЭС является одной из самых

производительных ВЭС в России, но даже ее энергии не хватает, чтобы стать хотя бы второстепенным источником энергии для промышленного сектора. Это сопоставляется с тем, что промышленность является одной из самых энергозатратных сфер народного хозяйства, а также подтверждает суть ВЭС – быть второстепенным источником энергии.

Жилищно-коммунальный сектор Ставропольского края обеспечивает комфорт для 2,9 млн жителей, сосредотачиваясь на Ставрополе и Пятигорске. МУП "Водоканал" Ставрополя снабжает водой около 400 тыс. человек, перерабатывая 40 млн кубометров стоков ежегодно, а котельные и уличное освещение зависят от местных источников. Умеренные зимы (0°C) и тёплое лето (+24°C) диктуют стабильные энергозатраты, усиливающиеся из-за роста тарифов в 2024-2025 годах.

Энергия от Кочубеевской ВЭС, покрывает до 10% нужд "Водоканала" (оценочно 10,000 МВт·ч/год), позволяя ВЭС быть второстепенным источником энергии.

Транспортная сеть Ставропольского края связывает регион с южными территориями, опираясь на автодороги и железную дорогу в Ставрополе, перевозящую 5 млн тонн грузов ежегодно. ОАО "Ставропольавтотранс" обслуживает маршруты для 2,9 млн жителей.

Кочубеевская ВЭС обеспечивает до 75% энергии для "Ставропольавтотранса" (оценочно 2,000 МВт·ч/год), снижая расходы. Для железной дороги (10,000 МВт·ч/год) это 2%, питая сигнальные системы. 75% покрытия позволяет ВЭС выступать в качестве основного источника питания, что нельзя сказать о железной дороге, лишь 2%.

Сфера связи Ставропольского края поддерживает цифровую среду для 2,9 млн жителей через ПАО "МТС", обслуживающего 800 тыс. абонентов, и операторов вроде "Ростелекома" с 88% покрытием. Сотни станций и серверов потребляют 2-4 ГВт·ч в год, страдая от перебоев из-за гроз в 2024-2025 годах, что усиливает зависимость от газовых станций. Ветреные предгорья открывают возможности для альтернатив.

Кочубеевская ВЭС покрывает до 35% нужд "МТС" (оценочно 3,000 МВт·ч/год), сокращая расходы на 9-13% и усиливая автономность вышек. Подобный процент позволяет ВЭС как выступать как второстепенный источник энергии, так и основным, деля лидерство с традиционными источниками энергии.

Исходя из информации, данных выше, можно сделать вывод о том, что ВЭС, по сравнению с традиционными источниками энергии вырабатывают куда меньше энергии. Но за меньшей производительностью стоит ряд плюсов.

ВЭС работают практически автономно, они не требуют постоянного контроля со стороны человека. Турбины, находящиеся на вершине конструкции, приходят в движение с течением ветра, вырабатывая энергию. Роль человека во всем этом процессе лишь изначальная установка ВЭС и дальнейшее обслуживание, когда как более традиционные источники энергии требуют большего внимания со стороны человека.

Требования к установке ВЭС. Хоть установки достаточно требовательны к своему местоположению, сами ВЭС практически никак не конкурируют с другими предприятиями и не парализуют логистику: большинство ВЭС, в том числе и те, что были упомянуты в этой работе, располагаются в пустырях, зачастую находясь недалеко от прилегающих рядом дорог, шоссе.

Самым большим плюс ВЭС принято считать их экологичность. Хоть при выработке энергии ВЭС не производит абсолютно никаких выбросов, они все еще не являются полностью чистыми, ввиду того, что производство компонентов, в том числе литиевых батарей, которые иногда применяются в ВЭС, само по себе не является экологически чистым, так как компоненты собираются традиционным промышленным способом, создавая выбросы в атмосферу. Также стоит упомянуть шумовое загрязнение: ВЭС достаточно шумные, что может мешать нормальной жизнедеятельности рядом находящихся животных. Но несмотря на эти минусы, ВЭС все еще является очень экологически чистым способом выработки энергии, особенно в сравнении с традиционными источниками энергии.

Заключение

Исследование в дипломной работе касалось исследования ВЭС в Южном Федеральном округе, в частности в Ростовской области, в республике Адыгея, а также в Ставропольском Крае.

На сегодняшний день ВЭС является очень перспективным источником энергии. Будучи достаточно простым в эксплуатации, ВЭС также является очень экологически чистым видом добычи энергии. Но не стоит надеяться на то, что ВЭС заменят традиционные источники энергии, особенно в ближайшем будущем. Популярные медиа, в том числе западные, крайне сильно преувеличивают эффективность и экологичность ВЭС. В попытке заменить ветровой энергетикой традиционные, ряд стран уже попали в “зеленую” ловушку, сворачивая газовые и угольные электростанции, лишая себя бесперебойной подачи электропитания. Лучшее будущее ВЭС – будущее второстепенно источника энергии.

В результате проделанной работы сформированы следующие выводы:

- В регионах, где расположены ВЭС – В Ростовской области, республике Адыгея и в Ставропольском крае – климатические и орографические факторы способствуют установке ВЭС, их эффективной работе.
- По данным метеорологических наблюдений на территории исследуемых регионов за период с 1990 по 2021 гг.средняя скорость и направление ветра, а также другие метеорологические факторы способствуют эффективной и стабильной работе ВЭС.
- ВЭС в исследуемых регионах генерирует достаточно электроэнергии, чтобы выступать в качестве второстепенного источника энергии в большинстве сферах народного хозяйства.

Список литературы

1. Алпатьев, А.М. Агрометеорология и агроклиматология. 2019. Гидрометеоиздат. 328 с.

2. Бараш, С.И. География возобновляемых источников энергии в России. 2021. Академия. 310 с.

3. Васильев, А.А. Влияние ветрового режима на сельское хозяйство в степных регионах. 2023. Вестник Воронежского государственного аграрного университета, № 4, с. 55–62.

4. Гольцберг, И.А. (ред.) Климатические ресурсы Юга России: справочник. 2020. Гидрометеоиздат. 256 с.

5. Громов, В.П. Ветроэнергетика: технологии и перспективы развития. 2022. Энергия. 290 с.

6. Иванов, С.Н. Орография и её влияние на размещение ВЭС в России. 2019. География, № 3, с. 34–41.

7. Кравченко, В.В. Климатические условия и эффективность ветроэнергетики в Южном федеральном округе. 2023. Агрохимия, № 6, с. 45–52.

8. Кузнецов, А.И. (ред.) Возобновляемые источники энергии: теория и практика. 2021. Южный федеральный университет. 340 с.

9. Мальцев, В.Ф. Экологические аспекты ветроэнергетики в аграрных регионах. 2020. Экология и жизнь, № 5, с. 19–25.

10. Минэнерго России. Обзор состояния энергетики в Российской Федерации 2023. 2024. 180 с.

11. Петров, И.В. Влияние рельефа на эффективность ветровых установок. 2022. Научный журнал КубГАУ, № 191, с. 78–85.

12. Росгидромет. Климатический атлас Ростовской области. 2023. 150 с.

13. Росстат. Статистический сборник: Энергетика России 2022. 2023. 140с.

14. Серебряков, Н.И., Лисицкая, Е.П. Метеорологические основы

энергетики: учебное пособие. 2018. Колос. 300 с.

15. Сидоров, А.П. Ветровая энергия в условиях аридного климата. 2021. Вестник Ставропольского государственного университета, № 2, с. 60–68.

16. Ткаченко, А.Н. Орографические факторы и ветроэнергетика в Южном регионе. 2024. Земледелие, № 3, с. 22–29.

17. Фоменко, Т.Г. Роль климата в развитии возобновляемых источников энергии. 2020. Энергетика и экология, № 4, с. 15–21.

18. Хохлов, А.В. (ред.) Ветроэнергетика России: современное состояние и перспективы. 2022. Наука. 320 с.

19. Цветков, В.Н. Экологические вызовы ветроэнергетики в степных зонах. 2023. Экологический вестник, № 1, с. 33–40.

20. Шапошников, А.С. Агроклиматические условия Ставропольского края и их влияние на энергетику. 2021. Аграрная наука, № 5, с. 50–57.

21. Enerdata. Global Energy Statistical Yearbook 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://yearbook.enerdata.net/ (дата обращения: 15.05.2025)

22. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Energy Statistics 2024. [Электронный ресурс] URL: https://www.irena.org/publications (дата обращения: 15.05.2025)

23. Росгидромет. Климатические данные Адыгеи 2022–2023. [Электронный ресурс]. URL: http://www.meteorf.ru (дата обращения: 15.05.2025)

24. World Bank. Climate Change Knowledge Portal: Russia [Электронный ресурс]. URL: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/russia (дата обращения: 15.05.2025)

25. Зелёный патруль. Экологический рейтинг регионов России 2024. [Электронный ресурс] URL: http://greenpatrol.ru (дата обращения: 15.05.2025)