



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

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

На тему Использование ветрового режима, как источник альтернативной энергии

Исполнитель Томилко Мария Константиновна

Руководитель к.с/х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«11» июня 2021г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«08» июня 2021г.	
ПОДПИСЬ	РАСШИФРОВКА ПОДПИСИ

Туапсе

2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Физико-географические особенности и климатические факторы исследуемых территорий.....	5
1.1 Географическое положение и общая климатическая характеристика Ростовской области	5
1.2 Географическое положение и общая климатическая характеристика республика Калмыкия	12
1.3 Географическое положение и общая климатическая характеристика Архангельской области.....	18
2 Характеристика и особенности ветрового режима исследуемых территорий	23
2.1 Ветровой режим Ростовской области.....	25
2.2 Ветровой режим р. Калмыкия.....	29
2.3 Ветровой режим Архангельской области	33
3 Альтернативное использование ветроэнергетических установок в исследуемых районах.....	36
3.1 Ветроэнергетика Ростовской области	36
3.2 Ветроэнергетика Республики Калмыкия.....	40
3.3 Ветроэнергетика Архангельской области	47
Заключение	53
Список использованной литературы.....	55

Введение

Традиционное энергообеспечение любых отраслей народного хозяйства, как известно, основано на сжигании углеводородного топлива, которое способствует увеличению загрязнения окружающей среды. Целый ряд энергетических проблем вынуждают осуществлять поиск и внедрение новых технологий получения энергии.

Во многих странах мира все больший интерес проявляется к использованию возобновляемых источников энергии, в том числе энергии ветра.

В связи с этим в хозяйственной деятельности довольно часто приходится учитывать режим местных ветров, зачастую для выявления его энергетических ресурсов. При решении подобных и других прикладных задач нередко возникает проблема, связанная с отсутствием или недостатком конкретной информации о ветровом режиме в местах, где планируется строительство каких-либо сооружений или осуществление иного рода научно-хозяйственных мероприятий. Не исключается факт, когда эта проблема решается поверхностно и в таких случаях возникает риск ошибки на стадии проектирования или строительства, что может привести к аварийным ситуациям и нежелательным последствиям.

Актуальность исследования заключается в том, что изучение распределения скоростей и направления ветров в приземном слое атмосферы над сравнительно однородной поверхностью в нескольких областях страны и обоснование их использования в качестве альтернативного источника энергии имеет важное значение для последующих выводов.

Анализируемые регионы находятся на одной параллели – 43 градус северной широты: Ростовская и Архангельская области и республика Калмыкия.

Объект исследования – ветровой режим относительно равнинных

территорий страны.

Предмет исследования – анализ показателей ветрового режима в приземном слое атмосферы, разных по климатическим условиям регионах.

Цель исследования - изучить комплекс метеорологических условий и особенности ветрового режима как источника альтернативной энергии.

Задачи исследования:

- рассмотреть физико-географическое положение и климатические факторы исследуемых районов;

- выявить особенности распределения метеорологических параметров на исследуемых территориях;

- исследовать режимы ветров для использования их в качестве источников альтернативной энергии;

- определить зависимость распределения метеорологических параметров от морфологии анализируемых местностей;

- рассмотреть современное состояние ветроэнергетики и ее развитие в России;

Объем работы составляет 57 страниц. Работа содержит 20 таблиц, 32 рисунка и одну формулу.

1 Физико-географические особенности и климатические факторы исследуемых территорий

1.1 Географическое положение и общая климатическая характеристика Ростовской области

Ростовская область располагается на юге Восточно-Европейской равнины и частично в Предкавказье. Рельеф в большей степени равнинный. На западе расположены восточные отроги Донецкого кряжа (высота до 253 м), на севере – Донская гряда, на юге – Сальско-Маньчская впадина. Поверхность области пересечена долинами рек, оврагами и балками. Высота возвышенностей и низменностей колеблется от 230 до 2 м. На этом фоне выделяются кряжи и гряды высотой до 253 м. Для возвышенных частей характерны платообразные формы рельефа, сильно и глубоко расчленены долинами рек, балками и оврагами (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 — Физико-географическая карта Ростовской области [19, с. 12]

Для анализируемой области характерен платформенный тип рельефа, обусловленный положением в пределах Русской платформы и Скифской плиты,

со средними высотами 125 м при максимальных – 298 м (в пределах Донецкого кряжа).

В морфологическом плане характеристики в пределах Ростовской области довольно разнообразны (рисунок 1.2).

Доно-Сальская равнина	Донецко- Донская возвышенная равнина	Нижнедонская низменность
Донская гряда	Калачская возвышенность	Доно- Егорлыкская аккумулятивная равнина
Северо- Приазовская равнина	Манычская низменность	Сало- Манычская возвышенность

Рисунок 1.2 — Морфологические характеристики Ростовской области

Калачская возвышенность, Донская гряда и Донецко-Донская равнина находятся в северной части территории. Это ровные и увалистые возвышенности, самая высокая точка отмечена в Донской гряде (250 м).

Северо-Приазовскую аккумулятивную равнину, расположенную ближе к юго-востоку, можно охарактеризовать как цокольную, почти плоскую равнину. Самые большие высоты составляют не более 115 м. Долинами рек равнина разделена на ряд плато: Грушевское, Родионово-Несветайское, Новочеркасское.

На востоке располагается Донецкий кряж, который разделен долинами рек Лихая, Кундрючья на ряд водоразделов. На территории кряжа находятся восточные отроги с максимальными высотами до 298 м. Характерно чередование равнинных пространств с холмами, местами развит карст. Имеет место овражно-балочная сеть, на юге так же присутствуют уступы и скаты.

Доно-Сальская аккумулятивно-эрозионная равнина (Западные Ергени), располагается на востоке анализируемой области. Ее можно охарактеризовать как пологоувалистую равнину. Абсолютные высоты 50-100 м.

В Ростовской области от проявления тектоники выделяется ряд морфологических структур: Восточно-Донской гряды, Доно-Донецкой равнины, Донецкого выступа, вала Карпинского, Манычского прогиба, Азово-Кубанской впадины, Азовской антиклизы. Юго-восточные районы Ростовской области занимают полупустыни [8, с.55].

Для анализа особенностей взаимосвязи основных форм рельефа и ветрового режима Ростовской области (рисунок 1.3) необходимо отметить следующее:

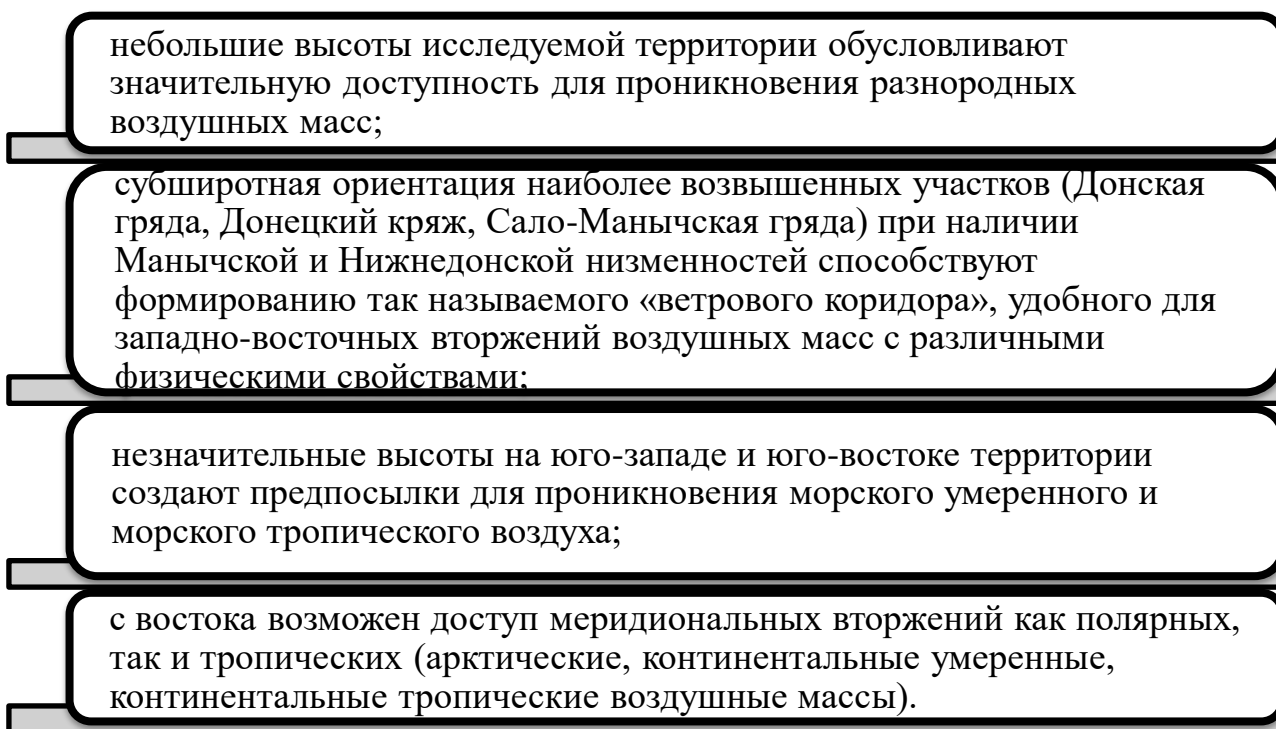


Рисунок 1.3 — Анализ зависимости форм рельефа и ветрового режима

Территория области, благодаря разнообразию рельефа, растянутости от северных до южных районов Русской равнины, окруженная тремя крупными теплыми морями, является носителем характерных климатических зон России (рисунок 1.4).

Для области характерен жаркий климат донских степей и

континентальный климат полупустынь Прикаспия, южнее переходит в более мягкий климат предгорий и ближе к Черноморскому побережью Кавказа, начиная от Лазаревского субтропический.

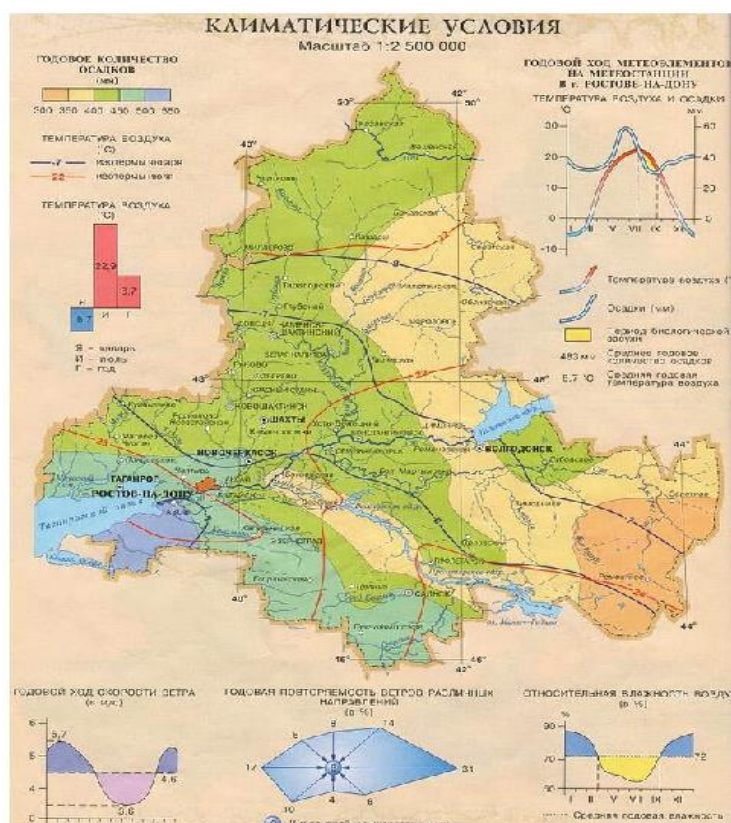


Рисунок 1.4 — Климатические условия Ростовской области [22, с. 54]

На высотах Кавказа температурные режимы холодные, влажные и менее континентальные.

В северных районах, продолжительность безморозного периода длится до полугода, а на равнинах подножья Кавказских гор до 2/3 части года а на Черноморском побережье вообще до 9-10 месяцев в году.

С запада на восток располагаются более засушливые территории, например, северо-восточная половина региона. Разброс количества осадков также неравномерен, на севере и западной равнине от 400 – 500 мм в год а к юго-восточном направлении они уменьшаются до 300-400 мм в год.

На равнинной части в степных зонах Ростовской области наблюдаются пыльные бури нередко здесь суховеи, особенно в жаркую и сухую погоду летом, а иногда и весной.

Почти вся территория региона расчленена бассейнами рек Дона, Северного Донца, Сала, Западного и Восточного Маныча, Егорлыка и другими притоками. Особенность региона в том, что в связи с ее сельскохозяйственной направленностью характеризуется искусственно созданной сетью оросительных каналов.

Весь этот комплекс ландшафтов формирует особенности температурного режима и режима осадков (рисунок 1.5).

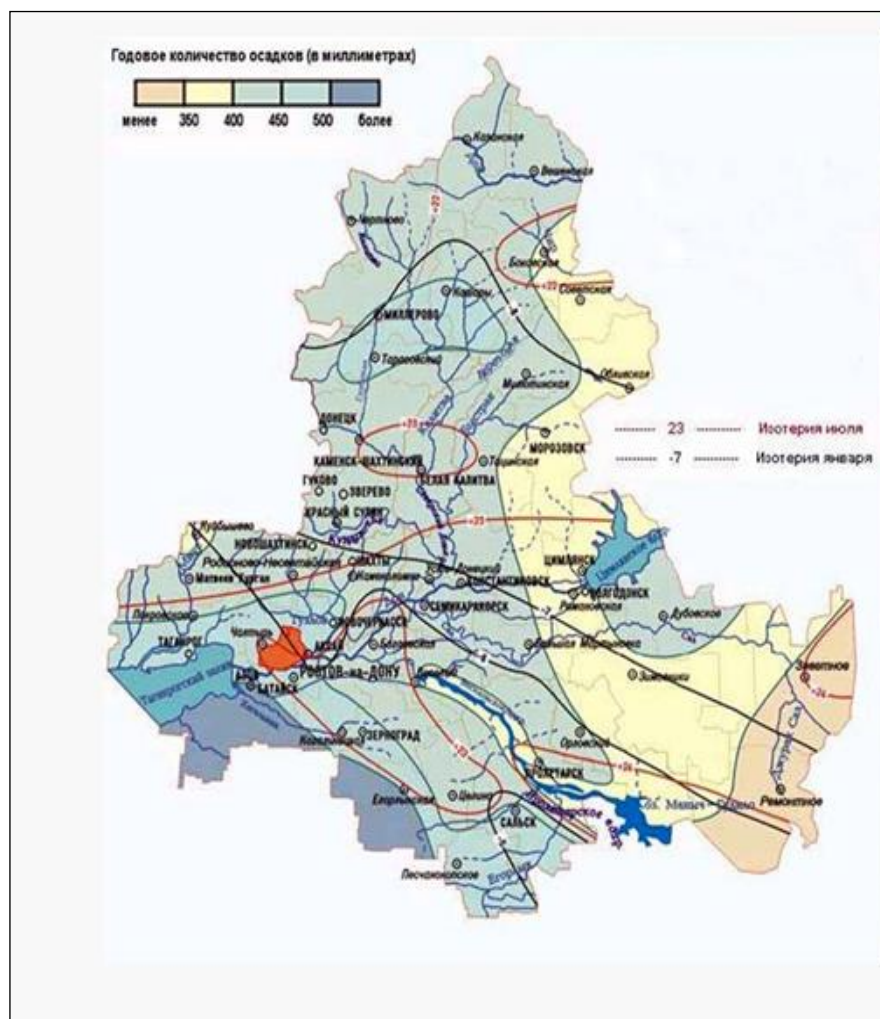


Рисунок 1.5 — Температурный режим и осадки Ростовской области [21, с. 78]

Регион находится в зоне умеренного пояса, характеризуется умеренно-континентальным климатом.

Континентальность климата усиливается в направлении с северо-запада на юго-восток, т.е. усиливается сухость и жара в летнюю пору, и холод и низкие минусовые температуры зимой.

В Ростовской области самый холодный месяц — январь со средней температурой $-4,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум был зарегистрирован 10 января 1940 г. и составил $-31,9^{\circ}\text{C}$, а самый тёплый месяц — июль, период наблюдений, абсолютный максимум зарегистрирован 1 августа 2010 года и составил $+40,1^{\circ}\text{C}$.

Средняя годовая температура воздуха составляет $8,2^{\circ}\text{C}$, повышаясь в южных районах до $9,5^{\circ}\text{C}$ и до $6,5^{\circ}\text{C}$ на севере.

Годовой радиационный баланс, естественно, положительный, 47—48 ккал/см², а величина отраженной соответственно составляет 23-25 ккал/см².

В годовом ходе общая продолжительность солнечного сияния в области 2000-2200 час за год (таблица 1.1).

Таблица 1.1 — Данные солнечной радиации (мдж/ м²) и среднее альbedo [13, с. 12]

Вид радиации	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
прямая	25	60	159	232	394	403	413	394	278	141	64	21	2548
рассеянная	107	141	213	247	269	286	296	247	189	145	91	91	2297
суммарная	132	201	371	469	652	687	649	631	465	296	145	145	4963
отраженная	60	95	98	91	124	134	119	107	91	54	39	39	1005
поглощенная	73	115	273	389	525	563	570	535	394	239	107	107	3940
радиационный баланс	0	26	129	213	329	359	381	325	213	90	17	17	2058
альbedo	45	42	28	17	18	18	17	18	18	18	27	27	20

На количество рассеянной радиации влияет, режим облачности - 2066-2267 МДж/м² с минимумом в холодный период, и максимумом в теплый период.

Суммарная солнечная радиации около 5000 МДж/м² больше всего в мае-июле и меньшие в ноябре - январе, из которой на прямую - 45% от суммарной, и на рассеянную в теплый период 36-42%, а в холодный - 56-81%.

Находясь вдали от водоемов, регион отличается высокой относительной влажностью воздуха и в среднем составляет — 62-66 % с максимумом - 72% летом, в холодную половину года (ноябрь-март) влажность повышается до 77-86 %., что конечно создает определенный дискомфорт для здоровья.

Осадков выпадает немного: на западе и юго- западе от 520 мм и от 340-

360 мм на юго-востоке региона, летом они ливневые, которые часто сопровождаются грозами, градом.

Анализ сезонов указывает, что максимальное количество осадков приходится на декабрь, а минимум — на октябрь.

Анализируемые осадки за период 1995 - 2015 гг. представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Количество осадков на анализируемых станциях Ростовской области за период 1995 -2015 г. [13, с. 33].

Годы	Матвеев Курган	Константиновск	Гигант	Зимовники	Казанская	Средняя по региону
1995		560,8	544,1	490,2	661,7	564,2
1996		467,7	417,6	341,7	334,8	390,45
1997		438,9	649,3	649,6	545,6	570,175
1998		603,8	584,1	475,4	579,7	560,75
1999		575,1	536,2	439	668,4	554,675
2000		502,4	468,1	480,3	564	503,7
2001	499,1	362,7	588,3	272,5	418,8	428,28
2002	781,9	595,8	590,9	611,1	604,1	636,76
2003	529,7	593,2	388,2	493,3	604,5	521,78
2004	446,7	353,4	519,5	336,9	390,8	409,46
2005	854,4	577,7	594,6	533,9	523,1	616,74
2006	643,5	505,4	538,6	608,3	419	542,96
2007	599	608	770,2	612	579	693,64
2008	443	472	432	365	559	454,2
2009	616	562	519	468	441	521Д

Обычно первый снег выпадает в конце ноября или начале декабря. Устойчивый снежный покров держится около 2-2,5 месяцев, большей частью и того меньше, особенно в последние годы.

Из опасных явлений учитывая, что область одна из крупных сельскохозяйственных регионов страны, нельзя не отметить, что довольно часто здесь наблюдаются засухи и суховеи. Распределяются по территории они неравномерно: в северных районах до 100 дней, а в юго-восточных районах от 60-80 в году. Максимум дней наблюдается в июле.

Как правило эти явления сопровождаются низкой относительной

влажностью с понижением до 5% с довольно высокой до +30°- 40°С. температурой воздуха.

1.2 Географическое положение и общая климатическая характеристика республика Калмыкия

Площадь республики Калмыкия, составляет 74,7 тыс. кв. км (0,4% территории Российской Федерации).

На юге граничит со Ставропольским краем, на юго-востоке - с Республикой Дагестан, на севере - с Волгоградской областью, на северо-востоке - с Астраханской областью, на западе - с Ростовской областью. В регионе находится множество озер, с разной степенью минерализации вод. Самые крупные из них это Сарпинские озера[6]. Питание озер происходит в период весеннего снеготаяния и образуют две группы – северную и южную.

Столица республики город Элиста расположена в юго-восточной части Ергенинской возвышенности, в верхней части балки Элиста (рисунок 1.6)

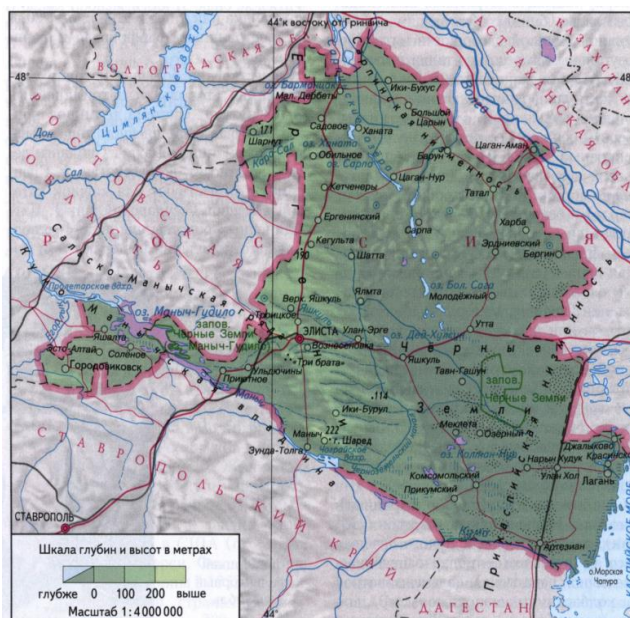


Рисунок 1.6 — Физическая карта республики Калмыкия [16, с. 123]

На территории города расположена река Элиста, которая разделяет территорию на две неравные части — северную (большую по площади) и южную.

В северо-восточной части республики протекает река Волга (12 км). На юге республики на границе со Ставропольским краем расположено Чограйское водохранилище, на востоке – Каспийское море, территория прибрежной зоны составляет 1,4 тыс. кв. км (рисунок 1.7).

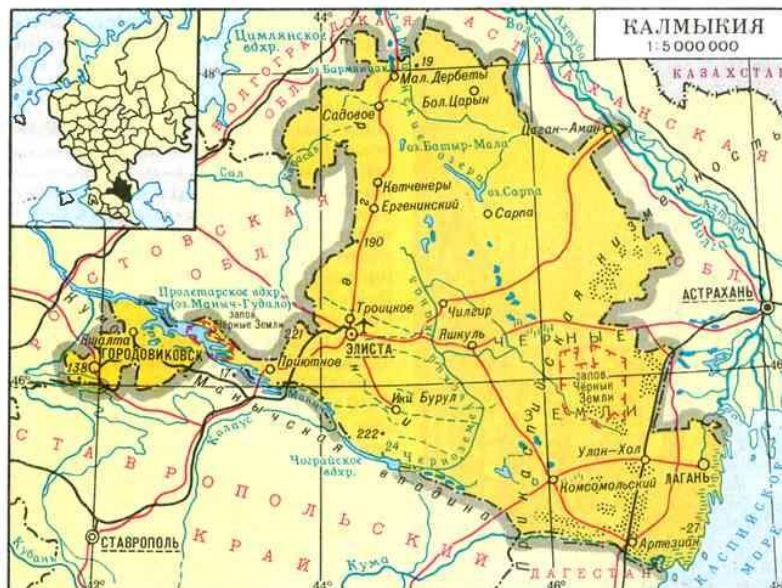


Рисунок 1.7— Карта Республики Калмыкия с границами 2021[6]

В регионе нельзя не отметить Сарпинское и Даванское понижения, долины рек Маныча и Кумы.

Основную часть территории занимают светло-каштановые и бурые почвы, широко распространены солонцы, солончаки и пески (рисунок 1.8).

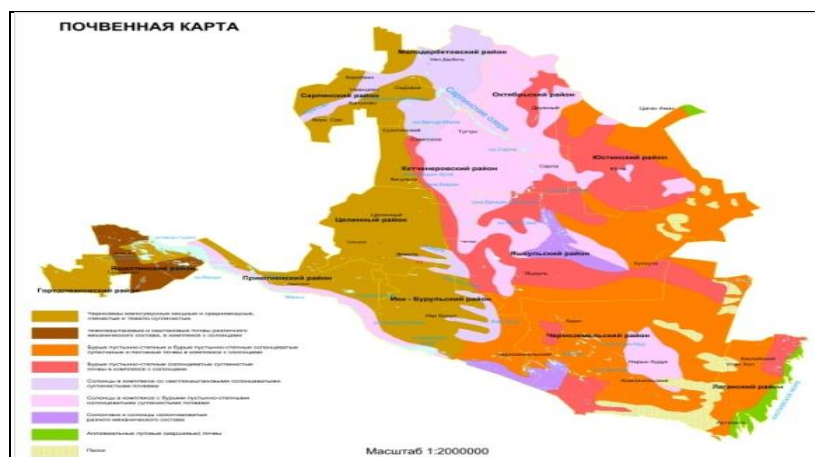


Рисунок 1.8— Почвы республики Калмыкия [6]

В целях поддержания водного режима в республике для развития слабого животноводства, пастбищ и лугов, построены примитивные плотины,

задерживающие талые воды весной и воды редких дождевых паводков летом.

Поддержание теплом, для получения хотя бы средней биологической продуктивности лугов и пастбищ обеспечивают Ики-Бурульский, Целинный, Приютненский районы и территория г. Элиста (таблица 1.3)

Таблица 1.3 — Средняя температура воздуха по республике Калмыкия (1950-2007г) [21, с. 26]

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1950	-17,1	-6,8	-0,1	12,7	18,7	19,9	22,7	21,1	19,1	8,5	1,8	-1,2	
1960	-2,4	-4,9	-3,3	8,5	13,4	21,3	24,9	21,6	15,0	10,8	1,9	0,8	9,0
1970	-5,5	-1,5	2,4	13,3	17,7	20,3	26,6	21,5	16,3	8,6	3,5	-5,7	9,8
1980	-11,1	-7,2	-2,5	9,0	15,8	20,8	25,8	22,2	15,6	7,6	4,2	2,5	8,6
1985	-5,0	-7,6	-5,9	9,4	18,6	20,4	21,1	25,4	15,6	7,2	2,9	-1,6	8,4
1990	-3,7	-1,0	5,7	11,2	15,0	19,7	25,0	21,6	17,7	9,9	6,4	-1,8	10,5
1995	-3,0	1,6	3,7	12,3	17,2	23,5	24,7	23,4	17,7	9,4	4,4	-3,1	11,0
2000	-2,5	0,6	3,1	13,6	14,1	21,2	26,4	24,1	16,2	8,2	0,3	0,4	10,5
2001	-1,0	-1,3	4,7	11,8	15,4	20,1	27,1	24,6	17,3	8,1	5,0	-4,4	10,6
2002	-4,4	2,6	5,7	8,5	14,8	20,3	26,3	22,6	19,3	10,1	4,8	-9,3	10,1
2003	-2,6	-7,1	-0,9	7,4	19,4	19,8	23,7	24,3	16,0	11,2	2,8	-0,8	9,4
2004	-1,7	-0,7	4,9	9,6	15,8	20,0	22,4	24,4	18,2	10,5	4,1	-1,1	10,5
2005	-0,7	-5,7	-0,3	10,1	18,1	20,9	25,2	25,1	19,9	10,0	3,9	1,5	10,7
2006	-11,8	-5,4	3,6	10,8	16,3	23,5	23,7	27,9	18,6	12,0	3,3	0,0	10,2
2007	2,6	-2,2	3,3	9,4	18,8	24,2	26,5	28,0	19,2	12,1	1,2	-3,2	11,7

Средние показатели температурного режима указывают, что в годовом ходе они варьируют по годам от 8,4°С в 1985 году до 11,7 °С в 2007 году.

В таблице 1.4 представлены эффективные среднегодовые температуры по Элисте.

Абсолютный максимум 2011 году 43°, а абсолютный минимум составил — 29°, положительных температур воздуха выше +10° накапливается 3870°.

Отклонение от нормы в среднем колебалась в пределах от 0,3 до 2,6. Сумма положительных температур от +10 °С и выше больше всего отмечена за осенний период, наименьшее количество было зафиксировано в апреле.

Таблица 1.4 — Температурный режим: средняя, минимум, максимум и сумма эффективных t°С выше +10° по Элисте [18, с. 19]

Показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.
Средняя температура воздуха с 2001 по 2015 гг.	-4,9	-5,6	1,2	10,7	19,2	23,6	26,3	25,3	17,5	9,2	2,8	-1,1	10,3
отклонение от нормы	0,4	0,5	0,5	0,3	2,6	1,8	1,8	2,3	0,6	0,1	0,7	1,2	
абсолютный максимум	14	11	18	27	36	40	43	41	39	25	20	12	43
абсолютный минимум	-29	-27	-15	-3	5	13	5	10	2	-9	-16	-22	-29
сумма пол. темпер. выше +10°С				177	760	1474	2298	3071	3596	870			

В таблице 1.5 представлены средние показатели метеорологических данных

Таблица 1.5 — Средние показатели метеорологических данных Элиста за 2001-2015гг.

Данные	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Средняя сумма осадков	25	21	43	24	60	33	44	32	33	33	14	27	390
В % от суммы	114	131	195	89	171	66	122	110	110	118	47	104	111
Средняя относительная влажность воздуха	90	90	82	67	57	49	44	18	60	76	86	91	70
Отклонение от нормы	0	-3	-4	-2	3	-2	-3	-4	0	2	-1	1	-2
Максимальный дефицит влажности				24,6	52	61	67	57,2	58,6	21,8			
Максимальная относительная влажность воздуха				19	9	8	10	9	11	24			

По условиям влагообеспеченности — территория относится к очень сухой. Большую половину года 7-8 месяцев в году средняя относительная влажность бывает ниже нормы на 1-4 %. Особый дефицит влажности воздуха испытывают в июне и июле до 60,2 - 66,7%, в иные периоды относительная влажность понижается до 8-10%.

Таблица 1.6 — Средняя сумма осадков, М Элиста за 1950 -2007 гг. [13, с. 38]

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	зима	весна	лето	осень
1950	29	15	14	22	0	47	8	69	20	53	16	15				
1960	62	36	12	7	55	43	13	39	39	9	16	38	132	73	94	64
1970	19	27	27	6	24	46	28	29	21	22	30	30	75	57	103	72
1980	8	9	5	41	43	25	7	5	72	56	39	24	43	88	37	167
1985	18	35	21	31	25	89	21	25	98	5	19	17	65	77	135	122
1990	24	11	16	36	48	82	26	35	20	29	56	30	60	100	143	105
1995	27	8	52	19	44	48	4	19	33	53	37	40	48	114	72	123
2001	4	35	23	72	66	57	47	14	18	32	36	56	51	161	117	86
2002	23	18	21	24	22	106	44	26	46	74	14	20	97	67	176	133
2003	35	18	12	4	12	24	68	21	17	92	42	6	73	28	113	151
2004	26	35	53	33	14	51	40	50	69	33	26	33	67	100	141	129
2015	42	18	49	32	81	27	19	0	49	59	27	46	93	162	46	135
2016	28	30	15	14	46	50	4	21	12	35	47	26	104	75	75	94
2017	38	11	13	26	26	22	22	0	41	18	36	32	75	65	44	95

Осадков выпадает очень мало в среднем. Так, по всем сезонам 2017 года их выпало всего 298 мм. Максимум осадков было установлено в 2008 году — 488 мм, а минимум в 2007 году — 285 мм.

Таблица 1.7 — Среднее число дней с суховеями Элиста (2001 по 2015г) [16, с. 75]

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	сумма	год	отклонение
Слабые	1,7	5,1	5,8	2,5	3,0	7,7	0,5	26,3	45,7	19,4
Средние	0,3	6,8	11,9	9,9	8,1	8,1	1,0	48,3	36,3	12,0
Интенсивные	0	3,4	6,3	10,9	2,9	2,9	0,1	33,9	16,4	17,5

Продолжение таблицы 1.7

Очень интенсивные	0	1,9	4,8	8,7	2,3	2,3	0,1	27,7	7,5	20,2
Сумма	2,0	17,2	28,8	32,0	21,0	21,0	1,7	136,2	105,9	90,3
Норма	3,5	15,0	21,4	25,8	13,4	13,4	2,5	105,9		
Отклонение от нормы	-1,5	2,,2	7,4	6,2	7,6	7,6	-0,8	30,3		

Из метеорологических явлений наиболее часто встречающиеся и наносящие значительный ущерб растительности вообще — это суховеи. В центральной зоне они могут наблюдаться до 136 дней, чуть меньше всего на 23 дня в западной зоне.

Причем 55% из них это либо слабые или вовсе сильные. Наибольшее количество дней со слабыми суховеями наблюдалось в 2015 г, всего 47 дней. Средних суховеев – наблюдались в 2004г, их продолжительность составила 76 дней.

Подводя итоги климатических особенностей республики можно констатировать его резкую континентальность – жаркое и очень сухое лето, абсолютно малоснежная иногда с небольшими морозами зима.

Зимой восточные и северо-восточные ветры, приносят морозную погоду, но зачастую к февралю, приходящие циклоны с юго-запада, приносят оттепель и неустойчивую погоду.

К лету западные неустойчивые ветры приносят более влажные погоды, со снижением жары, небольшими грозовыми дождями.

Весна характеризуется приходом умеренных воздушных масс, связанное с прогреванием прогревание подстилающей поверхности и значительному потеплению.

Осенью, с ослаблением притока радиации ослабляется и прогревание воздушных масс, постепенно оно сменяется выхолаживанием.

1.3 Географическое положение и общая климатическая характеристика Архангельской области.

Рельеф Архангельской области преимущественно равнинный (в пределах Русской и Печорской), общий наклон поверхности с юга на север занимают равнины, это около 500 тыс. км², или 87% всей площади области. Этим двум упомянутым геологическим структурам в рельефе соответствуют Онего-Двинско-Мезенская и Печорская равнины (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 — Физическая карта Архангельской области [5]

В геологическом отношении Архангельская область почти полностью расположена на так называемой Восточно-Европейской платформе, в пределах которой на территории области выделяются следующие крупные геологические структуры: Балтийский щит, Русская плита, Печерская плита, Канино-Тиманский щит (рисунок 1.10).

Русская плита находится в центральном районе Архангельской области.

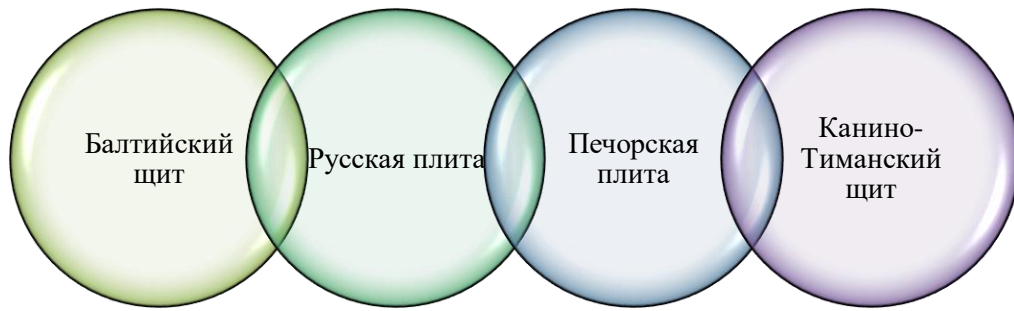


Рисунок 1.10 — Геологические структуры Архангельской области

На западе равнины и в районе Балтийского щита развиваются карстовые формы рельефа (карстовые воронки и котловины, пещеры и пр.). Печорская плита расположена на территории Ненецкого автономного округа и занимает большую его часть (рисунок 1.11)

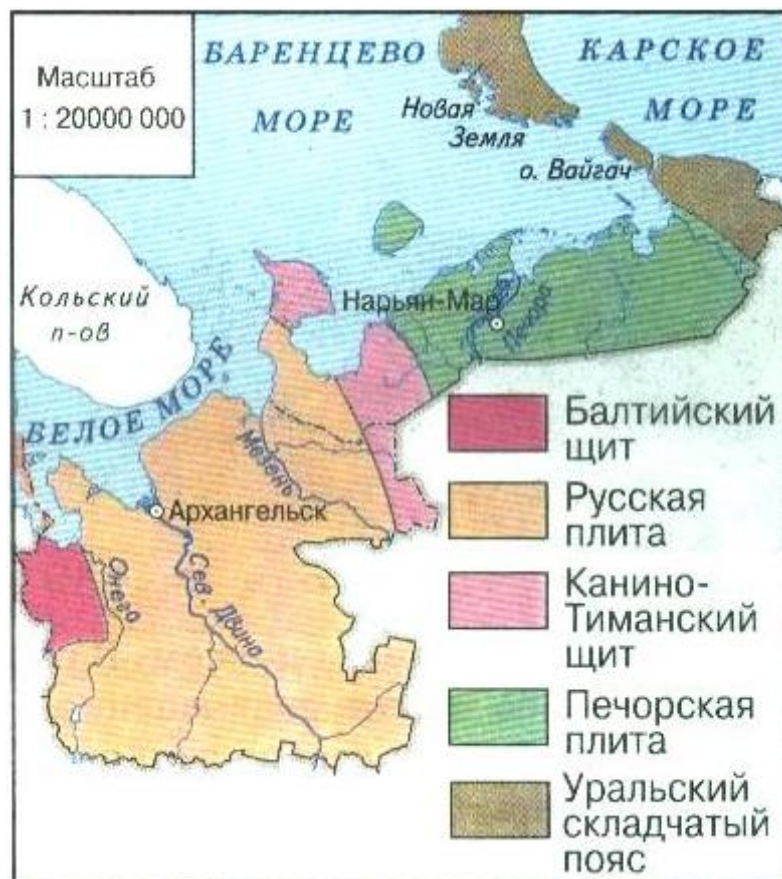


Рисунок 1.11— Карта низменностей Архангельской области [5, с. 465]

Среди тундры частично появляются скопления холмов и гряд, высота которых достигает 253 м (гряда Изъямсур в составе гряды Чернышева).

Осадочный чехол Печорской плиты насыщен нефтью и газом.

Архангельская область является нефтегазоносной провинцией, где сосредоточены огромные запасы углеводородного сырья. Регион огромен, на его территории представлены три климатических пояса — арктический (Северный остров Новой Земли и Земля Франца-Иосифа), субарктический (Ненецкий автономный округ, Южный остров Новой Земли, острова Колгуев и Вайгач) и умеренный (остальная, большая часть Архангельской области) (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12— Климатическая карта Архангельской области [5, с. 55]

Климат Архангельской области, умеренный, континентальный. Для климата характерен холодный период, продолжительность которого в северо-восточных районах области превышает продолжительность теплого на в среднем на 20 дней. Зима в прибрежных районах более мягкая, чем на остальной территории, лето, наоборот, более прохладное. Наиболее часто осадки отмечаются в осенне-зимний период, но наибольшее их количество выпадает летом. Климат Ненецкого Автономного округа субарктический.

Здесь можно подробно рассмотреть каждый сезон года: холодные зимы, длительную весну, довольно таки теплое лето и дождливую осень.

Количество осадков растет с севера области на юг. Минимальное количество осадков отмечено на острове Рудольфа, их выпадает от 150 мм, а в районе города Няндомы повышается до 700 мм. На возвышенностях сумма осадков поднимается до 788 мм. В основном за год около 27% всех осадков приходится в виде твердых частиц, а 55% - в виде дождя. Оставшиеся 12% это смешанные осадки (мокрый снег, снег с дождем).

Среднегодовая температура воздуха на всей территории отрицательная. Зима суровая и продолжительная, лето короткое и прохладное. Островные территории Северного Ледовитого океана характеризуются арктическим климатом.

Территория района исследования находится в двух природных зонах. Зимний берег Белого моря расположен в северной подзоне тайги, лишь небольшая его часть на побережье Мезенской губы занята кустарниковой тундрой. Большую часть полуострова Канин занимает кустарниковая тундра, на юге распространена лесотундра.

Почвенный покров района исследования характеризуется выраженной зональностью в распространении различных типов почв. В северной части района, в зоне тундры на полуострове Канин, распространены тундровые глеевые и болотно-тундровые почвы. На юге, в таежной зоне, распространены подзолистые, торфянисто- подзолистые, и болотные торфяные почвы. Зональность также характерна для растительного покрова (таблица 1.8).

Таблица 1.8— типы почв Архангельской области [22]

Природная зона	Тип почвы	Свойства почвы
Арктические пустыни	арктико-тундровый	неплодородная
Тундра	тундрово-глеевый	малоплодородная
Лесотундра	торфяно-глеевый	малоплодородная
Тайга	подзолистый	малоплодородная, кислая

В исследуемом районе распространены такие древесные породы, как ель сибирская (*Picea obovata*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). В зоне тундры растительный покров представлен мхами, лишайниками и небольшими кустарниками. Кроме того, на заболоченных территориях встречается болотная растительность. На арктических территориях Архангельской области обитают разнообразные морские млекопитающие, а также белые медведи (*Ursus maritimus*). Зона тундры населена мелкими млекопитающими, северными оленями (*Rangifer tarandus*). Животный мир таежной части области представлен характерными для этой природной зоны грызунами, пушным зверем, парнокопытными, крупными хищными млекопитающими.

2 Характеристика и особенности ветрового режима исследуемых территорий

В хозяйственной деятельности довольно часто приходится учитывать режим ветра. Обычно такая необходимость возникает, когда требуется оценить возможное неблагоприятное воздействие его на проектируемые объекты и экологические условия в районах новостроек.

Иногда основной целью изучения распределения ветра является выявление его энергетических ресурсов. При решении подобных и других прикладных задач нередко возникает проблема, связанная с отсутствием или недостатком ветровой информации в местах, где планируется строительство каких-либо сооружений или осуществление иного рода научно-хозяйственных мероприятий.

В тех случаях, когда эта проблема решается поверхностно возникает риск допустить ошибки на стадии проектирования или строительства, что может привести к аварийным ситуациям и нежелательным последствиям.

На практике выбор метода решения данной проблемы зависит от специфики прикладной задачи, района исследования, доступа к архивной информации и от других причин. Чаще всего дефицит ветровых данных восполняется в результате применения трех подходов.

При исследовании по созданию более обоснованной классификации местных ветров особое внимание уделяется оценке влияния на ветер рельефа.

Интересные и полезные результаты исследований микроизменчивости ветра в условиях сложного рельефа получены в отделе прикладной климатологии ГГО им. А.И. Воейкова под руководством Е.Н. Романовой. Ее схема типизации рельефа отличается высокой степенью детализации и привлечением обширного объема анемометрических данных экспедиционных наблюдений (таблица 2.1).

Обобщив большой эмпирический материал экспедиционных наблюдений, выполненный под ее руководством в различных районах бывшего СССР, ею

были предложены весьма объективные количественные признаки типизации местных условий.

Таблица 2.1 — Зависимость скорости ветра при условиях рельефа к скорости ветра на ровном месте при неустойчивой (устойчивой) стратификации атмосферы (высота 2 м) [13, с. 25]

Условия рельефа	Скорость ветра на ровном месте, м/с	
	3-5	6-20
Открытое ровное место	1	1
- Вершины: $\Delta h > 50$ м $\Delta h < 50$ м	1,6-1,8 (1,6-1,7)	1,2-1,3 1,1-1,2
- Наветренные склоны крутизной 3-10°: верхняя часть средняя часть нижняя часть	1,4-1,6 1,0-1,1 1,0	1,1-1,2 1,0-1,1 (1,0)
- Параллельные ветру склоны крутизной 3-10°: верхняя часть средняя часть нижняя часть	1,3-1,4 1,0-1,1 0,9-1,0	1,2-1,3 (0,9-1,0) 0,8-0,9)
- Подветренные склоны крутизной 3-10°: верхняя часть средняя часть нижняя часть	0,8-0,9 0,9-1,0 0,7-0,8	0,7-0,8 0,9-1,0 (0,8-0,9)
Возвышения с плоскими и пологими вершинами склонами: - вершин наветренных склонов крутизной 1-3° - средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов крутизной 4-10° - средние и нижние части подветренных склонов крутизной 4-10°	1,2-1,4 1,1-1,2 0,7-0,9	1,1-1,3 1,1-1,2 0,8-0,9
Долины, лоцины, овраги: - Дно и нижние части склонов долин, лоцин, оврагов: продуваемых ветром не продуваемых ветром замкнутых - Средние и верхние склоны долин, лоцин, оврагов: продуваемых ветром не продуваемых ветром замкнутых	1,1-1,2 0,7-0,8 <0,6 1,2-1,3 0,8-0,9 <0,6	1,2-1,3 0,8 <0,6 1,2-1,3 0,8-0,9 <0,6

Апробация метода при подготовке справочника по климату СССР, вып.20 показала их эффективность и надежность. Лишь трудности ручной обработки большого объема информации, связанные с применением метода, не позволили использовать его для внедрения в более широких масштабах.

2.1 Ветровой режим Ростовской области

Положение Ростовской области приближено к границе умеренного и субтропического климатических поясов. Даже несмотря на приносимые воздушные массы циклонами с Атлантического океана и антициклонами из Сибири, а это способствует частому проникновению тропических воздушных масс, морских со Средиземноморья. Арктические же воздушные массы приносят резкое похолодание зимой, а летом засуху и зной.

Воздушные черноморские массы в основном располагаются в южной части области, где их приход сопровождается вторжением теплого и влажного воздуха. Зимние заморозки сменяются потеплениями, а снег меняется на осадки, туманы и гололед. Летняя жара сменяется прохладой с ливнями и грозами.

В среднегодовом ходе повторяемости ветров в Ростовской области преобладают ветры восточных направлений – 53% (Ростов-на-Дону), из них восточный ветер – 31, ветры с западной составляющей – 35%. Средняя годовая скорость ветра 4,5 м/сек [1, с. 128].

Ростовская область довольно таки ветреный регион. Более слабые ветры (4,0 м/сек) в основном находятся в центральной частей Ростовской области и Манычской низменности, сильные ветры (более 5 м/сек) располагаются для юго-восточной части области.

В таблице 2.2 представлены данные ветрового режима центральной части Ростовской области за 1970 г

Таблица 2.2— Ветровой режим центральной части Ростовской области за 1970 г [7]

месяц	скорость ветра, м/с	направление ветра, °
январь	4,36	237
февраль	4,30	203
март	4,22	123
апрель	4,34	119
май	3,89	111
июнь	3,62	117

Продолжение таблицы 2.2

июль	3,66	114
август	4,05	105
сентябрь	4,23	111
октябрь	4,46	115
ноябрь	4,12	12
декабрь	4,12	126
среднее за год	4,11	

Скорость ветра становится меньше в весенний период (от 5,6 до 3,5 м/сек), а увеличивается с осеннего периода до зимнего (5,6 м/сек). Сильные порывы ветра (более 15 м/сек), были зафиксированы в районе Азовского моря (28– 45 дней). Самый сильный ветер был зафиксирован в мае 1948 г. (67 м/сек), а в 1970 г. – 49 м/сек.

Средняя многолетняя скорость ветра колеблется в пределах от 4,11 до 6,12 м/сек. Весной и осенью скорость ветра 4-6 м/сек, зимой - от 5 до 7 м/сек, с преобладанием восточного направления (рисунок 2.1). Нередки метели.

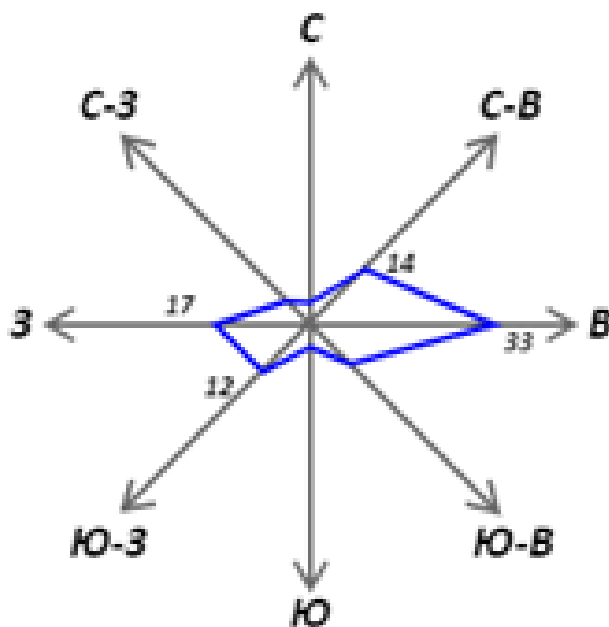


Рисунок 2.1 — Роза ветров Ростовской области за январь за 2020 г [7]

Летом воздушные массы замедляют свой ход, но возникают пыльные бури и суховеи. За многолетний период можно выделить преобладающие

направления ветров, осенью это северо-восточные ветра (40%). Летом отмечаются западные и северо-западные ветра (19-22%). Роза ветров Ростовской области за июль за 2020 г. представлена на рисунке 2.2.

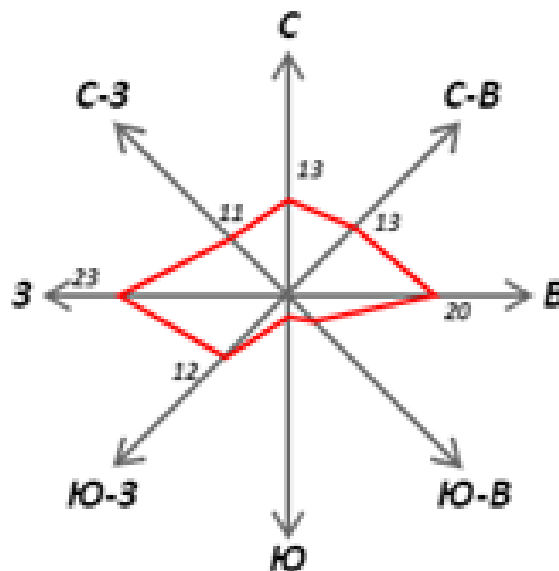


Рисунок 2.2 — Роза ветров Ростовской области за июль за 2020 г [7]

Повторяемость ветров других направлений значительно меньше. Повторяемость приземных инверсий составляет в среднем 31%, повторяемость застоев воздуха, возникающих при сочетании приземных инверсий и слабых ветров – 8% (таблица 2.3).

Таблица 2.3 — Повторяемость ветров по сезонам Ростовской области за 2017-2020 г. [7]

Год	сезон	с	св	в	юв	ю	юз	з	сз
2017	зима	4	11,3	39,0	4,0	10,3	13,0	16,0	5,7
2018	весна	4	11,0	38,3	4,5	11,3	14,0	16,3	6,3
2019	лето	2	11,5	37,9	5,6	12,1	11,1	15,8	5,2
2020	осень	4	12,3	40,1	6,0	13	12,1	18,3	6,0
среднее за период		3,5	11,5	38,8	5,1	11,7	12,6	16,6	5,8

Средняя годовая температура воздуха в городе 8,9°C, в многолетнем периоде колеблется от 7,0 до 10,7°C. Среднемесячная многолетняя температура января - 4,8°C, июля - 22,8°C. Наиболее холодный период, когда среднесуточная температура воздуха понижается до -5°C и ниже, длится в среднем 42 дня (с 5 января по 15 февраля). Наиболее теплый период отмечается в среднем 76 дней (с 13 июля по 29 августа). Средняя суточная температура выше 0°C отмечается в течение 260 дней (с 13 марта по 29 ноября) (рисунок 2.3).

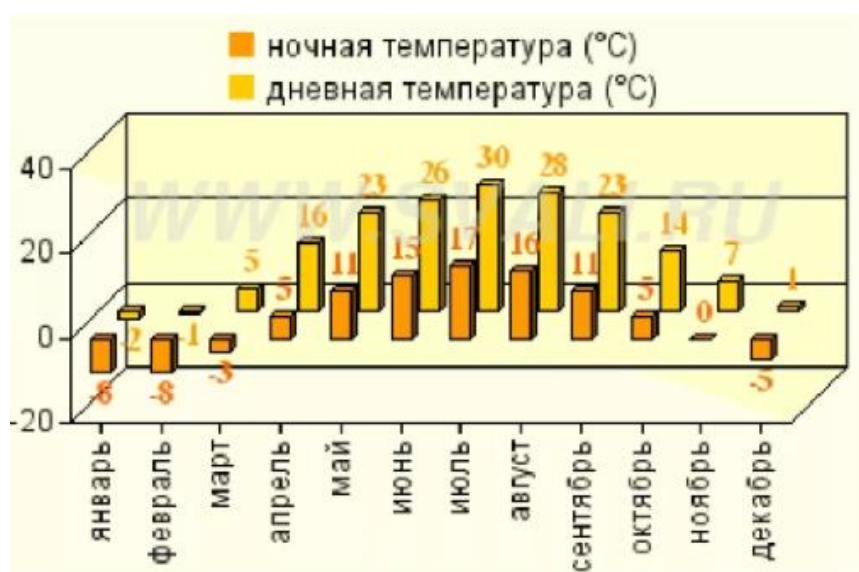


Рисунок 2.3 — Среднегодовая температура воздуха Ростовской области [7]

В зимнее время самая низкая температура воздуха (до -10°C и ниже) отмечается при северо-восточном и восточном направлениях ветра, а самая теплая температуры (до 0,4-0,5°C) наблюдается при юго-восточном и южном ветрах. Летом же наибольшая температура воздуха (+28,0°C) наблюдается при южном ветре, наименьшая (+21,1°C) – при юго-западном.

Самая сильная влажность воздуха зафиксирована в зимнее время. Осенью и зимой показатели колеблются от 70 до 80 %, в самый холодный период появляются наибольшие значения (80-90%). В весенний период наблюдается спад до 60%, возникают сухие дни, когда влажность достигает критических значений 30-50%.

Многолетние осадки области находятся в пределах 550 мм в год. Самый

влажный месяц июнь (60-70 мм), засушливым – март (35-40 мм).

2.2 Ветровой режим р. Калмыкия

Для республики Калмыкия характерны сильные ветра, дующие круглый год, что является одной из климатических особенностей территории. Ветровой режим имеет преобладающее влияние восточных воздушных масс. Преобладающее направление ветра в летние месяца— западное и восточное (рисунок 2.4).

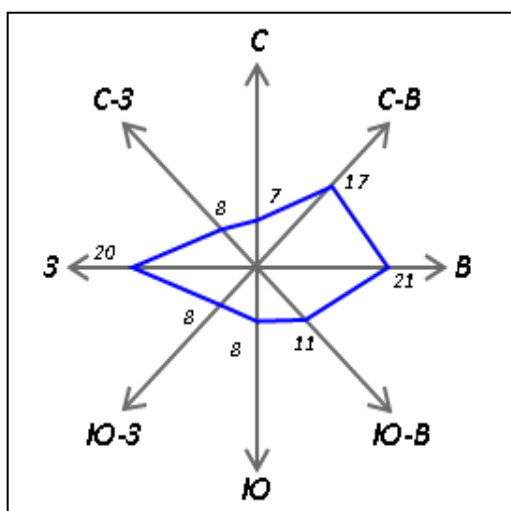


Рисунок 2.4 — Роза ветров за июль республика Калмыкия 2020г [6]

Зимой отмечается северо-западное и западное направления ветров (рисунок 2.5).

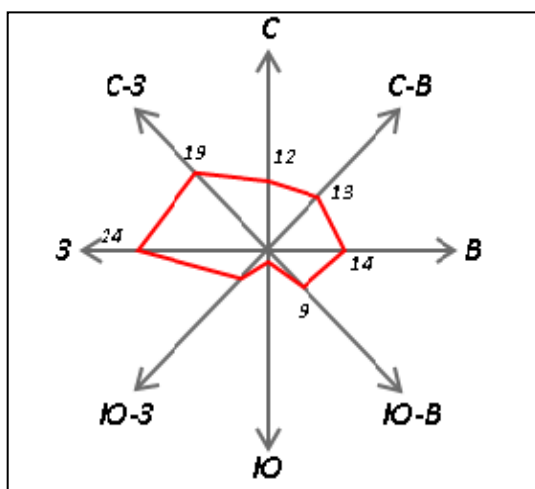


Рисунок 2.5 — роза ветров за январь республика Калмыкия 2020г [6]

Средняя скорость ветра составляет 2—5 м/с, максимальная скорость достигает 30—40 м/с (таблица 2.4).

Таблица 2.4 — Средняя скорость ветра за 2020 г. Республика Калмыкия [6]

сезон	средняя скорость ветра м/с	максимальная скорость ветра м/с
зима	5,2	32,1
весна	4,8	31,0
лето	4,2	28,5
осень	5,1	30,0
Год	4,8	30,4

Республика Калмыкия, как и все другие регионы имеет собственные показатели интенсивности ветра. В таблице также приводится усредненное направление ветра, относительно сторон света. Это позволит вам рассчитать максимальный коэффициент полезного действия (КПД) ветрогенератора для любого времени года (таблица 2.5).

Таблица 2.5 — Максимальный КПД ветрогенератора [6]

	скорость ветра, м/с	направление ветра, °
январь	4,68	244
февраль	4,76	246
март	4,26	244
апрель	4,38	226
май	4,18	203
июнь	4,00	275
июль	3,69	306
август	4,04	336
сентябрь	4,12	334
октябрь	4,26	334
ноябрь	4,19	339
декабрь	4,38	327
среднее за год	4,24	284

Огромный ветропотенциал республики Калмыкии можно рассмотреть на высоте 100 м- более семи-восьми метров в секунду. Для эффективной работы ВЭС это необходимая скорость. В 2019 году на территории республики было зафиксировано всего лишь несколько дней, когда скорость ветра упала до 4 - 4,5 метра в секунду (рисунок 2.6).

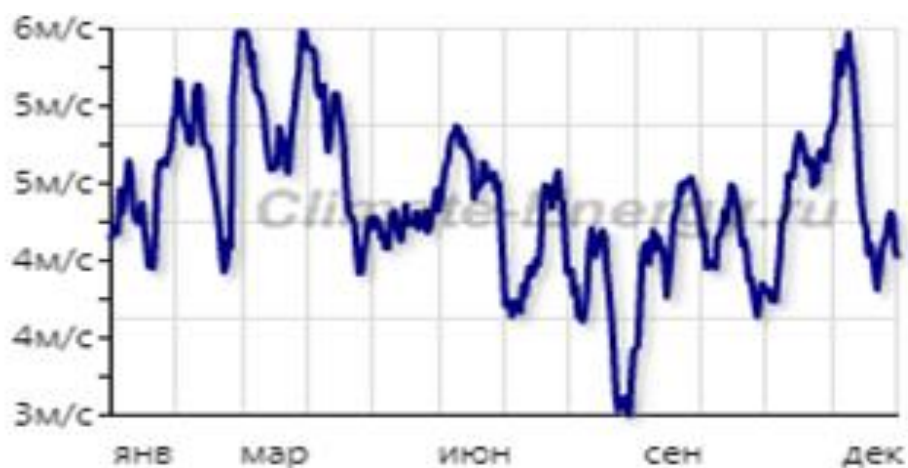


Рисунок 2.6 — Среднемесячная скорость ветра в республике Калмыкии за 2020 г. [6]

Второй фактор, играющий значение для строительства станций — это свободные территории, которых на территории республике в избытке. Так как расстояние между ВЭУ высокой мощности должно быть не менее километра, а планируется постройка более 100 ВЭС (в конечном итоге планируется именно столько установок) – то это большая проблема [20, с. 28].

Так же можно отметить низкую плотность населения: 3,2 чел. / км², что дает возможность не беспокоить граждан при строительстве и эксплуатации станций.

И, наконец, Калмыкия, как никакой другой регион, заинтересована в создании ВЭС, поскольку собственных генерирующих мощностей в республике нет и электроэнергию приходится доставлять из других регионов. И при правильном расположении ветропарка на площадках с хорошим ветровым режимом (как в Песчаном) производимая им электроэнергия окажется дешевле, чем энергия традиционных энергетических станций. Не случайно, главные достоинства ветроэнергетики - практически неисчерпаемость ресурсов, доступность, распространенность, дешевизна и конкурентоспособность.

Совокупность вышеперечисленных факторов и привлекает компанию «Фалкон капитал». В данный момент в России производство ветряной электроэнергии обходится дороже, за границей же существует государственная

поддержка развития новой отрасли. В нашем государстве зеленая энергия только начинает получать свое развитие. Но финансовые инвестиционные риски готовы взять на себя инвесторы.

В последнее время все большее внимание руководство страны уделяет вопросам поддержки развития возобновляемых источников энергии. В прошлом году был принят закон «Об энергоэффективности и энергосбережении», который может сыграть свою положительную роль в этой области. Кроме того, Россия подписала Киотское соглашение, согласно которому промышленно развитые страны должны сократить выброс CO₂ (углекислый газ) в атмосферу [22]. Также в своем недавнем послании Федеральному собранию президент страны Дмитрий Медведев отметил, что России нужно добиваться лидерства во внедрении инноваций, как в традиционной, так и в альтернативной энергетике. Одна из альтернатив — энергия ветра, в чем наша республика располагает большим потенциалом, а значит, могла бы в перспективе составить заметную роль в энергетике страны.

Потенциал Калмыкии в этой сфере действительно огромный — 9 гигаватт электроэнергии, а это уже промышленные масштабы [4, с. 325]. Не случайно в развитие ветроэнергетики на территории республики вкладывает свои собственные средства крупнейшая чешско-швейцарская компания «Фалкон Капитал» (а это более 25 миллионов евро).

По мнению представителей компании «Фалкон Капитал», сейчас вся Европа смотрит на Калмыкию. Ведь запасы углеводородного сырья неограниченны, поэтому будущее — за экологически чистыми энергетическими технологиями — ветроэнергетикой.

И совсем скоро, когда будет запущена первая пилотная ветростанция и Калмыкия получит первые экологически чистые «зеленые» киловатты, это событие станет поистине самым интересным событием в сфере развития российской экономики.

2.3 Ветровой режим Архангельской области

Архангельская область находится в зоне активной циклонической деятельности и частой смены воздушных масс. Особенно она интенсивна осенью и зимой. Часты вторжения воздушных масс с Атлантики. Летом они приносят похолодание, зимой наоборот потепление. Вторжение Атлантических масс сопровождается выпадением осадков.

Проявляется влияние и Арктики. Арктические воздушные массы становятся причиной сильных морозов зимой и заморозков летом. Также на территорию области вторгаются циклоны из субтропиков, приносящие потепление в любой период года, и континентальный воздух умеренных широт, теплый летом и холодный зимой.

Архангельская область находится в зоне активной циклонической деятельности и частой смены воздушных масс. Особенно она интенсивна осенью и зимой. Часты вторжения воздушных масс с Атлантики. Летом они приносят похолодание, зимой наоборот потепление. Вторжение Атлантических масс сопровождается выпадением осадков [24, с. 48]. Проявляется влияние и Арктики. Арктические воздушные массы становятся причиной сильных морозов зимой и заморозков летом. Также на территорию области вторгаются циклоны из субтропиков, приносящие потепление в любой период года, и континентальный воздух умеренных широт, теплый летом и холодный зимой.

Направление ветра напрямую формируется под влиянием исландского минимума, так как зависит от состояния барического поля (таблица 2.6).

Таблица 2.6 — Направление ветров в январе 2018 - 2021 [9, с. 65]

Направление ветра	2021	2020	2019	2018
С	0,8%	11,9%	10,1%	6,4%
СВ	4,4%	5,9%	4,8%	3,9%
В	20,5%	6,8%	15,3%	17,5%
ЮВ	28,3%	15%	25%	24,7%
Ю	54,9%	48,8%	52%	47,6%

Продолжение таблицы 2.6

ЮЗ	16,3%	12,5%	13,4%	15,1%
З	0,8%	14,2%	5,1%	7,8%
СЗ	0,7%	14,8%	4,1%	13%

Направления ветра в весенний период носят неустойчивый характер. С сентября по март преобладают юго-восточные, южные, юго-западные ветры (рисунок 2.7).

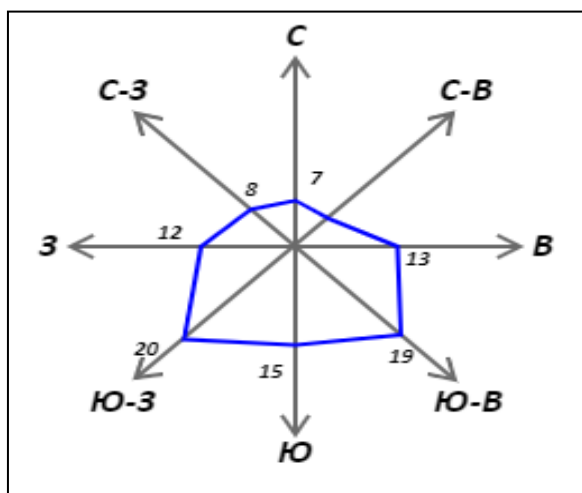


Рисунок 2.7 — Роза ветров Архангельской области за январь 2020 г [23, с.26]

В летнее время отмечается большинство ветров северного и северо-западного направлений (рисунок 2.8)

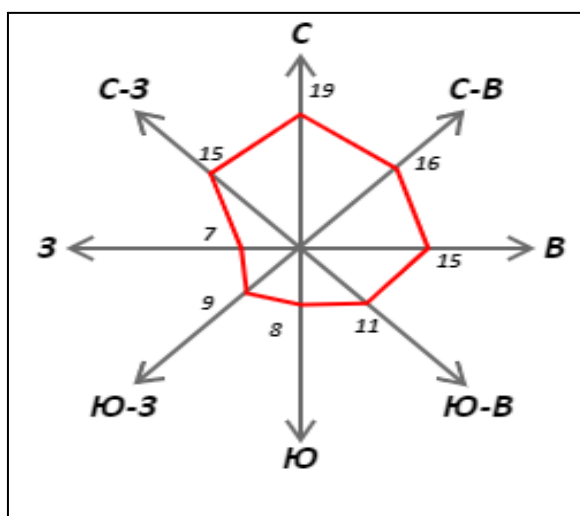


Рисунок 2.8 — Роза ветров Архангельской области за июль 2020 г [23, с.26]

Сильные ветра можно отметить на прибрежных зонах. А более низкие скорости ветра на более защищенной территории, в области построек населенных пунктов и лесов.

Среднегодовая скорость ветра 3-5 м/с, с зимним максимумом 26 м/с годового хода. Рассматриваемые в таблице станции располагаются в районах области, где среднегодовая скорость ветра превышает 4 м/с (таблица 2.7).

Таблица 2.7 —Средняя скорость ветра Архангельск за 2020 г. [9, с.29].

период	средняя скорость ветра м/с	максимальная скорость ветра м/с
зима	3,5	26
весна	2,5	18
лето	2,1	20
осень	4,5	22

Наибольшие скорости ветра приходятся на осень и зиму, так как циклоническая деятельность в Северном полушарии наиболее активна. Годовые колебания средних месячных скоростей ветра на побережье достигают 4 м/с, при продвижении в глубь территории – менее 3 м/с. Наименьшая средняя месячная скорость ветра приходится чаще всего на июль или август 2 м/с .

3 Альтернативное использование ветроэнергетических установок в исследуемых районах

3.1 Ветроэнергетика Ростовской области

Донской регион обладает обширными территориями, высоким ветропотенциалом и инвестиционной привлекательностью. По данным правительства Ростовской области, в регионе сейчас реализуют четверть всех проектов России в сфере ветровой энергетики. И именно здесь появится первый в стране производственный кластер, который объединит несколько предприятий, выпускающих оборудование для ветровых электростанций. Регион сможет локализовать на своей территории производство почти всех ключевых узлов и агрегатов для ветростанций и продавать их как в России, так и за рубежом.

Ветряной парк будет находиться на площади 133 гектара. Запланированная мощность будущей технической новинки - более 90 МВт. Всего же ВЭС сможет генерировать порядка 300 ГВт/ч в год.

Южная часть Таганрогского залива во первых имеет интенсивные показатели ветра, а во вторых здесь ранее была подведена вся необходимая инфраструктура. Парк один из самых крупных проектов в сфере ветровой энергетике в России за последние несколько лет.

Ростовская область — энергодефицитный регион. Его мощность даже без учета четвертого энергоблока Ростовской АЭС, превышает шесть гига watt, регион потребляет лишь половину.

Азовская ВЭС строится на территории Маргаритовского сельского поселения. «Зеленую» энергию здесь будут вырабатывать 26 «ветряков». Ежегодная выработка ветропарка составит порядка 300 ГВтч. Известно, что высота ветроэнергетических установок Азовской ВЭС составит приблизительно 85 метров, а в верхней точке лопасти высота ветроустановки будет достигать 149 метров. При этом исключены выбросы в атмосферу около 260 тысяч тонн углекислого газа, которые получаются при

использовании ископаемых источников энергии для получения аналогичной выработки (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 — Азовская ВЭС [8, с.107]

Гуковский ветропарк введен в эксплуатацию летом, 26 ветряных установок поставляют электроэнергию на оптовый рынок. Длина одной лопасти - 64 метра. Мощность ветропарка - 100 МегаВатт, что обеспечит энергией один небольшой город (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 — Гуковский ветропарк [4, с.76]

Для получения «зеленой» энергии необходима скорость ветра не менее 3 м/с. Участки для строительства ветропарков выбирают с учетом этой скорости для конкретной местности.

В случае опасных скоростей ветра установка не нанесет вреда, конструкция устроена так, что ураганный ветер не разрушит ее. Прочность установок позволяет эксплуатировать станции круглый год [25, с. 111]. На краю лопасти скорость 220 километров в час. Конструкция ветрогенераторов полностью отечественного производства. Установленная мощность, запущенных в Ростовской области в 2020 году ветроэлектростанций (ВЭС), достигла 300 МВт.

Сулинская ВЭС обладает мощностью 100 МВт, имеет 26 ветроэнергетических установок производства компании Vestas мощностью 3,8 МВт каждая. При этом локализация ВЭС составляет 65 %, что гарантирует оплату мощности по правилам определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии. В марте 2020 года Сулинская ВЭС стала поставлять энергию на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ). Ветропарк стал первым реализованным объектом Фонда развития ветроэнергетики.



Рисунок 3.3 — Сулинская ВЭС [3, с.46]

Стоит также отметить, что в связи с развитием ветроэнергетики в

Ростовской области открылось три мощных производства. Так, в Таганроге на заводе «Красный Котельщик» налажено производство башен для ветряных электростанций. В новое производство инвестировано 772 млн. рублей, проектная мощность завода — 100 трех- и четырехсекционных башен в год. Масса каждой из них — 190 тонн, высота — около 85 метров, диаметр — 4,3 метра.

Каменская ВЭС имеет мощность 100 МВт, состоит из 26 ветроэнергетических установок производства компании Vestas мощностью 3,8 МВт каждая. Производство деталей – лопастей и башен – налажено в России в городах Ульяновске и Таганроге (Ростовская область). Сборка гондол осуществляется на предприятии в Дзержинске (Нижегородская область). Степень локализации оборудования ветроэлектростанции, подтвержденная Министерством промышленности и торговли России, составляет более 65 %, что дает гарантии на оплату мощности по правилам определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии (ДПМ ВИЭ).

Запуск Каменского ветропарка происходил в два этапа: первая очередь мощностью 50 МВт начала поставки на Оптовый рынок электрической энергии и мощности 1 апреля 2020 года, а 1 мая была введена в эксплуатацию вторая очередь ветроэлектростанции (таблица 3.1).

Таблица 3.1 —Характеристики Каменского ветропарка [2]

Ростовская область	
Проектная мощность, мВт	200
Количество ВЭУ	52
Мощность каждой ВЭУ, мВт	3,8
Тип турбин	VESTAS V-126-3,8 MW – H87

Регион вышел на лидирующие позиции в России по ветрогенерации. В 2020 году были возведены в производство три ветропарка общей мощностью

300 МВт, электроэнергия уже поступает на оптовый рынок. Зимой в 2018 году в Ростовской области появился завод по производству башен для ветроэнергетических установок мощностью более 600 единиц оборудования в год, было затрачено более 700 млн. рублей. В регионе планируется к 2022 году получать около 20% всей потребляемой в регионе электроэнергии ветряных станций.

Преимуществом метода получения энергии из ветра является его безопасность для экологии. Более того, для кручения лопастей ветрогенератора не требуется никакого топлива. Для получения энергии достаточно разместить ветроустановки в местах, где в течение года наблюдается скорости воздушных масс от 5 м/с. При сильных порывах, больше 25м/с, специальная тормозная система останавливает ветрогенератор.

Несмотря большие размеры комплексов, эти же территории могут быть безопасно использованы для сельского хозяйства. Угодья могут располагаться прямо у основания мачты, а жилые дома – не ближе 300 метров, шум от ветряков на таком расстоянии фоновый.

Ветряная станция не наносит вред окружающей среде даже в случае ее поломки, что нельзя сказать о ГЭС и АЭС. Станции не производят выбросов, а так же вредных воздействий ни на территорию, ни на озоновую оболочку Земли нет. Мощность станции может обеспечить электроэнергией примерно 20 тысяч жителей на год.

Вблизи от ВЭС нет необходимости выстраивать мертвую зону, как около других станций. Все земли могут эксплуатироваться в сельскохозяйственных нуждах. При этом стоимость энергии намного экономичней, чем при работе ГЭС, АЭС [7].

Ветростанции так же не имеют твердых отходов, а так же сокращают потребление органического топлива: уголь, нефть, газ. Зеленая энергия в перспективе поможет избавиться от негативных воздействий на экосистему от энергетики.

3.2 Ветроэнергетика Республики Калмыкия

Республика Калмыкия располагается на юге Российской Федерации и входит в состав Южного федерального округа. В данное время район полностью зависит от импорта электроэнергии, а его ветропотенциал один из наиболее сильных в государстве — ветры в Калмыкии имеют частых характер, а среднегодовые скорости ветра составляет 6-7,5 м/сек.

В Республике Калмыкия отмечается самые высокие показатели температуры, именно здесь был зафиксирован температурный рекорд +45,4. Поэтому она так заинтересовала проектировщиков. Свободных территорий для строительства и эксплуатации ветряных станций в степном регионе более чем достаточно. На реализацию проектов планируется направить до 3,6 миллиарда рублей. В настоящий момент арендуется 50 гектаров в районе поселка Аршан, а мощность будущей станции оценивается в 25 МВт [17, с. 72]. Строительство станций в этой местности благоприятно отразится на экономике региона, так как недостаток энергии с открытием ветряных станций будет устранен. Так же необходимо отметить, что в республике, есть проблемы с трудоустройством населения, а появление станций даст возможность обрести новые вакансии.

К зиме 2020 года Фонд развития ветроэнергетики ввел в эксплуатацию две ветроэлектростанции в Республике Калмыкия. За счет комплексного развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ, к 2022 году их доля в энергобалансе достигнет около 90%) Калмыкия вошла в число регионов, где рождается инновационная отрасль.

Поставки электроэнергии и мощности на оптовый рынок электроэнергии (ОРЭМ) в регионе первыми стали Салынская и Целинская ветроэлектростанции, суммарная мощность которых 200 МВт. Они стали самыми крупными объектами генерации в Республике.

На территории ветропарков смонтированы 48 ветроэнергетических установок (ВЭУ) производства компании Vestas мощностью 4,2 МВт каждая. Производство основных компонентов – лопастей и башен – локализовано с участием Группы «РОСНАНО» в Ульяновске и Таганроге (Ростовская область).

Сборка гондол осуществляется на предприятии в Дзержинске (Нижегородская область).

Новые ВЭС улучшают баланс энергетики, а так же дают ряд других экологических преимуществ. Что значительно синергетирует экономический эффект экономики республики. Одна станция это новые рабочие места и увеличение спроса на местное сырье и материалы, прирост налоговых платежей (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 — Салынская ветроэлектростанция и Целинская ВЭС [8, с.108]

Новая Приютненская ВЭС значительно превзойдёт все станции с помощью своей мощности, занимаемой местности и предназначения для республики. На территории нового ветропарка будет располагаться сразу 13 ВЭС общей мощностью 53 МВт, которые дадут возможность полностью закрыть вопросы по энергообеспечению столицы республики Элисты [11, с. 43].

Цель проектов улучшение производства и продаж электроэнергии на оптовом рынке. Энергия ветра, способна дать развитие энергетики и инфраструктуры Калмыкии, даст новые рабочие места, привлечет инвесторов в регион, повысит осведомлённости ветроэнергетики в Российской Федерации, а так же даст возможность использовать ветер, как возобновляемый источник энергии.

Проект будет построен с учётом внешней сетевой и гражданской инфраструктуры. Выведение в эксплуатацию ветропарка разделено на три этапа (рисунок 3.5).

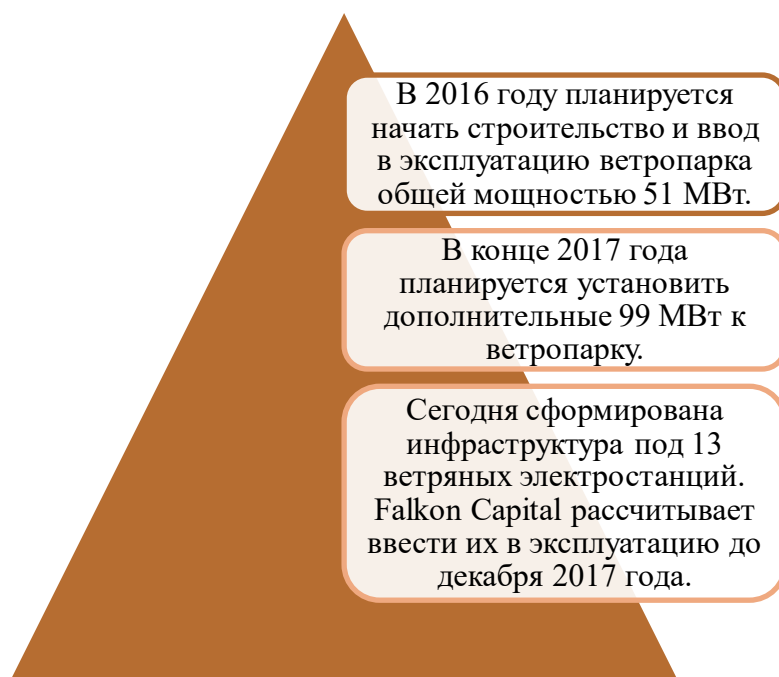


Рисунок 3.5 — Этапы строительства Приютненской ВЭС

По расчетам экспертов потенциал рынка ветроэнергетического оборудования в России достигнет 6 млрд. евро к 2020 году. Несколько осложняют развитие высокие требования к локализации оборудования.

Показатели скорости ветра на высоте 10 метров от поверхности земли напрямую влияют на эффективность использования ветрогенераторов и электростанции на основе энергии ветра. Данные по среднегодовой скорости ветра в республике Калмыкии представлены на рисунке 3.6.

Средняя скорость ветра многолетним данным в по регионе колеблется от 2,0 до 2,6 м/сек, в Элисте – 4,9 м/сек, что меньше нормы на 2,0-3,2 м/сек в Элисте – на 0,7 м/сек. Для региона характерно усиление скорости ветра в зимнее время и ее уменьшением в летний период. Зимой скорость ветра колебалась в пределах 2,4- 2,8 м/сек, меньше обычного на 3,6-4,0 м/сек, в районах севера 1,7-2,3 м/сек, меньше на 2,2-2,9 м/сек.

На Комсомольский были отмечены большие скорости ветра порядка 2,7-3,0 м/сек, меньше на 1,7-1,7 м/сек.

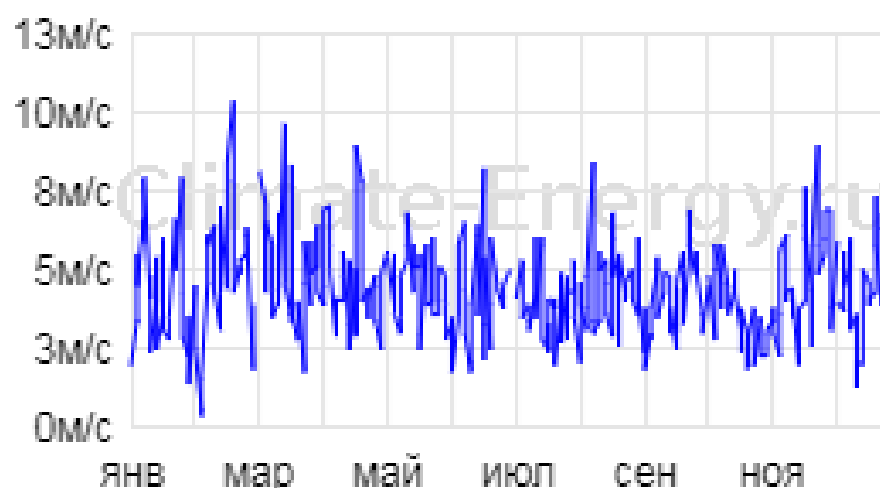


Рисунок 3.6 — Средняя скорость ветра на высоте 10 м в республике Калмыкия

Наибольшие скорости ветра отмечены в столице Элисте 4,9-5,5 м/сек, что являлось меньше нормы на 0,8-1,0 м/сек.

Весной, летом и осенью скорость ветра меньше на 0,2-0,6 м/сек и составляли в Городовиковске 1,8-2,4 м/сек, в Элисте 4,4-5,1 м/сек, в Малых Дербетах 1,6-2,0 м/сек, в Комсомольском 2,1-3,2 м/сек.

Наибольшие средние скорости ветра наблюдаются, в основном в феврале 2,3-3,0 м/сек, в Элисте 5,5 м/сек (таблица 3.2).

Таблица 3.2 — Максимальные порывы ветра в республике Калмыкия по городам [6]

Станции	показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Городовиковск	средние за 2001-2015	2,5	2,8	2,6	2,4	2,0	1,8	1,8	1,8	2,0	2,1	2,1	2,4	2,2
	отклонение от нормы	-3,6	-4,0	-4,0	-3,8	-3,1	-2,5	-2,5	-2,3	-2,1	-2,9	-4,1	-3,8	-3,2
Элиста	средние за 2001-2015	5,0	5,5	5,4	5,1	4,7	4,8	4,8	4,4	4,8	4,7	4,6	4,9	4,9
	отклонение от нормы	-1,1	-0,8	-1,2	-1,3	-1,2	-0,4	-0,4	-0,1	0,2	-0,4	-1,5	-1,0	-0,7
Малые Дербеты	средние за 2001-2015	2,0	2,3	2,2	2,9	2,0	2,0	2,0	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	2,0
	отклонение от нормы	-2,8	-2,2	-2,5	-1,5	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,5	-2,0	-2,2	-2,6	-2,0
Комсомольский	средние за 2001-2015	2,8	3,0	2,9	2,8	2,5	2,5	2,5	2,4	2,6	2,4	2,3	2,7	2,6
	отклонение от нормы	-1,7	-2,0	-2,1	-2,0	-2,2	-1,8	-1,5	-1,5	-1,2	-1,5	-2,4	-1,4	-1,8

Наибольшая скорость ветра выявляется величиной скорости и числом

дней со скоростью ветра 15 м/сек и более, а так же повторяемостью. Максимальные скорости ветра за период с 2002 по 2011 гг. на всей Территории республики составили 30 м/сек, в зимнее время — в Малых Дербетах и Комсомольском, весной — в Городовиковске и Элисте (таблица 3.3).

Таблица 3.3 — Максимальные скорости ветра в республике Калмыкия по городам [19]

Станции	Показатели	VIII	IX	X	XI	XII	год
Городовиковск	средние за 2001-2015	1,2	1,4	1,0	1,1	1,7	22,5
	отклонение от нормы	-0,6	-1,5	-1,2	-2,0	-1,6	-15,0
Элиста	средние за 2001-2015	6,1	5,6	4,5	3,6	3,6	70,9
	отклонение от нормы	2,8	1,9	1,3	0,9	0,7	29,1
Малые Дербеты	средние за 2001-2015	1,7	2,2	1,2	1,2	1,6	34,0
	отклонение от нормы	0,7	1,0	0,0	0,0	-0,4	11,8
Комсомольский	средние за 2001-2015	1,4	2,7	0,9	0,9	0,9	25,9
	отклонение от нормы	0,2	1,9	-0,9	-0,9	0,4	8,0

При определении валового потенциала Калмыкии необходимо обращать внимание на среднегодовые скорости ветра. В общем случае энергия ветра пропорциональна кубу его скорости на единицу площади и может быть рассчитана по формуле:

$$W_b = 1/40 \times \rho T \times S \times \sum n = 1 v^3 \times t_i, \quad (3.1),$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³;

$T = 8700$ — число часов в году;

S — площадь территории;

v - среднемноголетняя скорость ветра;

i - вероятность нахождения скорости в диапазоне.

Максимальный интегральный балл физико-географических предпосылок

получает район с максимальными значениями по каждому источнику энергии. Максимальные результаты получены в Южных и западных частях республики. Результаты отображены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 — Сравнительный анализ благоприятности развития малой автономной энергетики по физико-географическим предпосылкам республики Калмыкия [25, с.125]

Экономико-географический район	Солнечная энергия		Ветряная энергия			Биоэнергия			средний балл
	кВтч/м ²	балл	м/с	кВтч/м ²		кг у.т./м ² в год	кВтч/м ²	балл	
Запад	1351	2	5,0	34,4	3	0,014	0,112	3	3
Центр		2	4,5	25,1	2	0,008	0,063	2	2
Восток	1424	3	5,0	34,4	3	0,004	0,032	1	2
Север	1278	2	4,5	25,1	2	0,009	0,074	2	2
Юг	1424	3	5,0	34,4	3	0,010	0,083	2	3

Остальные районы имеют довольно средние показатели.

Республика Калмыкия является одной из самых перспективных территорий России для развития энергетики, это можно обосновать географическими, метеорологическими и климатическими характеристиками региона. На территории можно развивать как малые, так и крупные сетевые ветроэнергетические станции. Примерные расчеты показывают огромный экономический эффект от установок автономных генерирующих мощностей при определенных параметрах, которые отмечаются на большей территории населенных пунктов и свободных территорий Калмыкии.

Валовой потенциал ветроэнергии можно оценить как величину более 8 трлн кВтч. Использование даже 0,1 % технического потенциала ВИЭ в республике выработает энергию в объеме, сопоставимым со всем производством и потреблением энергии во всей России (рисунок 3.7).

Топливный потенциал ветроэнергетики 30 060,7 млн позволил бы сэкономить при замещении ими эквивалентного объема нефтепродуктов около 27 425,7млн т нефтетоплива в год, при замещении угля — 7 670,9 млн т/год.



Рисунок 3.7 — Топливный потенциал ветроэнергетики р. Калмыкия [6]

Аналогичное замещение природного газа сэкономит 5 105,1 млрд куб. м/год этого ценного природного ресурса.

3.3 Ветроэнергетика Архангельской области

Ветроэнергетика в Архангельской области малоразвита и носит точечный характер. На острове Мудьюг ветроустановка очень малой мощности эксплуатируется на территории рыболовно-туристического комплекса, для освещения в зимнее время года. Автономные ветросолнечные осветительные установки очень малой мощности установлены на автомобильных дорогах в окрестностях г. Архангельска.

Комбинированная ветросолнечная установка малой мощности используется для обеспечения электроэнергией опорного пункта национального парка Русская Арктика на мысе Желания о. Северный архипелага Новая Земля [5]. В Ненецком автономном округе ветросолнечные установки смонтированы на некоторых маяках, взамен отработанных радиоизотопных термоэлектрических генераторов.

Архангельская область обладает достаточно высоким ветроэнергетическим потенциалом. Среднегодовые скорости ветра и удельная

мощность потока здесь сравнимы со значениями Северной Европы, американских Великих Равнин и китайской Внутренней Монголией (таблица 3.5).

Таблица 3.5 — Средние скорости ветра на высоте 10-100 м в зимнее (а) и летнее (б) время Архангельская область [21, с.26]

а)

высота	абрамовский маяк	зимнегорский маяк	канин нос	несь	шойна
10 м	9,1 м/с	8,1 м/с	11,2 м/с	7,1 м/с	8,5 м/с
25 м	10,9 м/с	9,7 м/с	13,4 м/с	8,5 м/с	10,3 м/с
50 м	12,5 м/с	11,2 м/с	15,4 м/с	9,8 м/с	11,8 м/с
100 м	14,4 м/с	12,8 м/с	17,7 м/с	11,2 м/с	13,5 м/с

б)

высота	абрамовский маяк	зимнегорский маяк	канин нос	несь	шойна
10 м	4,1 м/с	3,3 м/с	7,1 м/с	2,3 м/с	3,9 м/с
25 м	6,6 м/с	5,2 м/с	10,7 м/с	4,1 м/с	5,9 м/с
50 м	8,9 м/с	7,0 м/с	14,9 м/с	5,3 м/с	7,9 м/с
100 м	12,1 м/с	9,2 м/с	20,1 м/с	7,1 м/с	10,9 м/с

На рассматриваемых станциях, на высоте 10 м, ветры, имеющие максимальную повторяемость, входят в градации скоростей от 3 до 6 м/с. Повторяемость же ветров, превышающих 10 м/с довольно мала. Полученные результаты многолетних данных скоростей ветра на высоте 10 м позволяет выделить зоны наиболее благоприятные для возможного применения ветроэнергетических установок.

Так же важной характеристикой определяющей валовой потенциал ветровой энергии является повторяемость направления ветров. На территории Архангельской области в январе чаще всего наблюдается юго-западный (20%) и юго-восточные ветра (19%). В июле же чаще всего отмечается северный (16%) и северо-восточные ветра (16%) (рисунок 3.8).

Зная преобладающее направление ветров можно выявить энергетическая ценность ветра, определить эффективность использования ветровой энергетики.

в январе, %							
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
7	6	13	19	15	20	12	8

в июле, %							
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
19	16	15	11	8	9	7	15

Рисунок 3.8 — Повторяемость ветров в % Архангельская область [21, с.225]

В Архангельской области ветроэнергетика активно используется для производства электричества. Технические ветряные ресурсы данного региона составляют около 1900 млрд кВт·ч в год. Это огромное количество энергии. Учитывая, что в настоящий промежуток времени годовое потребление региона составляет около 10 млрд кВт·ч (рисунок 3.9).

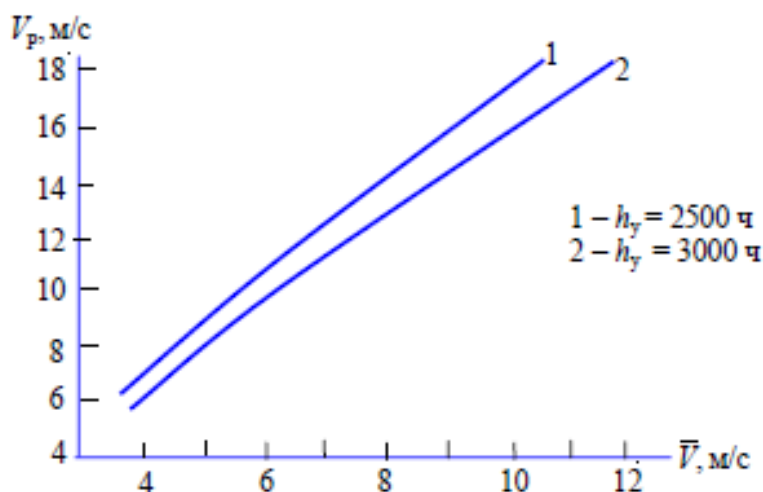


Рисунок 3.9 — Взаимосвязь многолетней скорости ветра с усредненной при использовании установленной мощности ВЭУ [12, с.226]

Для оценки технического потенциала зоны была определена расчетная скорость ветра, годовая выработка электроэнергии с 1 км² территории (рисунок 3.10). Она характеризуется такими же особенностями в распределении по территории, что и валовой потенциал.

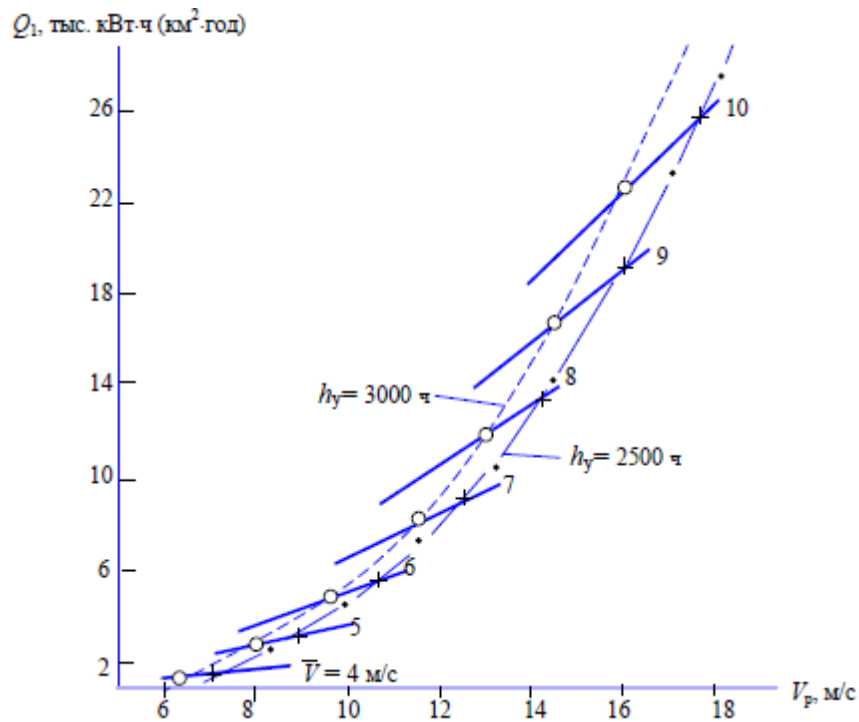


Рисунок 3.10 — Зависимость годовой выработки ВЭУ с 1 км² территории от расчетной скорости ветра при различной среднегодовой скорости ветра [12, с.229]

Относительная продолжительность диапазона рабочих скоростей для ВЭУ №3 изменяется в более широких пределах: от 74 % на станции Несь, до 89 % на Канином носу. Продолжительности работы в номинальном режиме для этой установки также невелики и составляют от 4,5 до 20 %. Согласно данным Росстата, средний расход электроэнергии на бытовое потребление на душу населения в 2017 году составил 1060 43 кВт*ч.

Единичная ВЭУ установленной мощностью 5 кВт может обеспечить электроэнергией на бытовые нужды 10-12 человек; ВЭУ №2, мощностью 10 кВт – 25-30 человек; ВЭУ №3, мощностью 50 кВт – 100-150 человек.

Для безопасной работы ветроэнергетической установки, её месторасположение должно характеризоваться низкой повторяемостью ураганных ветров и буревых периодов. Общая повторяемость данных явлений представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 — Общая повторяемость опасных явлений за 2019 г. [7]

Опасное	Абрамовский	Зимнегородский	Канин	Несь	Шойна
---------	-------------	----------------	-------	------	-------

явление	маяк	маяк	нос		
Буревые периоды	14	28	116	4	24
Ураганные ветры	1	4	5	0	1

Наибольшая повторяемость отмечается на станции Канин нос, где за исследуемый период было зарегистрировано 116 дней с буревыми периодами, из них 5 дней скорость ветра соответствовала ураганной. Наименьшая повторяемость опасных явлений на станции Несь – 4 дня за исследуемый период, ураганных ветров не отмечалось

В многолетней динамике наблюдений опасных скоростей ветра отмечается малая однородность (рисунок 3.11).

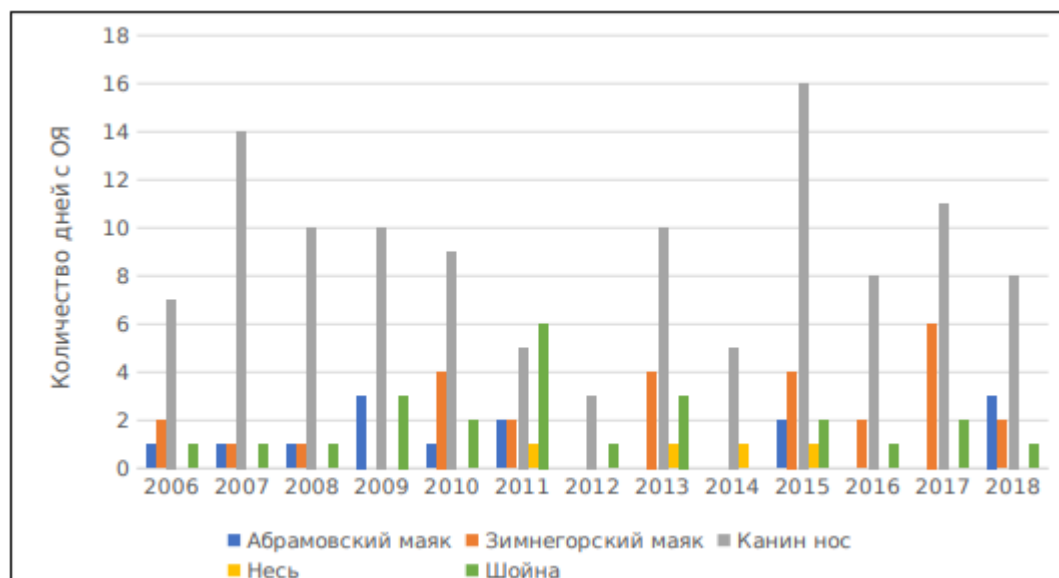


Рисунок 3.11 — Опасные скорости ветра Архангельская область за многолетний период [5]

В отдельные годы наблюдается большое их количество, в другие же буревых периодов может не быть вообще. Сезонный ход повторяемости буревых периодов совпадает с сезонной динамикой средней скорости ветра. Наиболее часто опасные явления наблюдаются в зимний период года (рисунок 3.12)



Рисунок 3.12 — Повторяемость опасных явлений за зимний период
Архангельская область [5]

Исходя из результатов оценки можно сделать вывод, что северная часть района исследования достаточно безопасна для использования ветроэнергетических установок. Максимальная повторяемость опасных скоростей ветра, наблюдаемая на станции Канин нос, не превышает 9 дней в году, что соответствует относительной продолжительности около 2,4% в год. Исходя из результатов оценки можно сделать вывод, что северная часть Архангельской области обладает достаточно высоким ветроэнергетическим потенциалом.

Значение технического потенциала ветроэнергетики, в этом регионе превышает данные электростанций, что дает возможность покрыть расходы топлива на производство энергии [22]. При использовании потенциала ресурсосбережения ветроэнергетики возникает огромная экономия традиционных органических энергоресурсов, которые в свою очередь могут быть использованы в тех регионах, где климатические условия не предполагают выработку энергии с помощью ветроэнергетики в достаточном количестве, удовлетворяющих потребности региона.

Заключение

1. Климат Ростовской области умеренно-континентальный обладает холодной пасмурной и ветреной зимой; сухим, жарким и ветреным летом. Континентальность усиливается в направлении с северо-запада на юго-восток, т.е. усиливаются сухость и высокие температуры в летнюю пору, и холод и низкие минусовые температуры зимой.

2. Ростовская область является одной из ветреных областей. Ветры более 15 м/сек на побережье Азовского моря наблюдаются в течение 48 дней. Ветры со скоростью 4,0 м/сек наблюдаются в центральной части региона, более высокие (5 м/сек) – типичны для юго-востока области. Скорость ветра понижается с зимнего периода по летний от 5,6 до 3,5 м/сек, а повышается с осени к зиме (5,6 м/сек).

3. Климатическая особенность Калмыкии — сильные степные ветры, дующие круглый год. Для эффективной работы ВЭС необходимая скорость — не менее пяти метров, что означает, что регион обладает огромным ветропотенциалом — более семи-восьми метров в секунду на высоте около ста метров почти 360 дней в году.

4. Архангельская область находится в зоне активной циклонической деятельности и частой смены воздушных масс, — то при вторжении воздушных масс с Атлантики, приносящих похолодание летом, и, наоборот, потепление зимой; то под влиянием Арктики, воздушные массы с поверхности которой вызывают сильные морозы зимой и заморозки летом.

5. Среднегодовая скорость ветра в Архангельской области 3-5 м/с, с зимним максимумом 27 м/с. Наибольшие средние годовые скорости ветра наблюдаются на побережье, при продвижении к югу увеличивается защищенность территории лесами. Район исследования безопасен для использования ветроэнергетических установок. Максимальная повторяемость опасных скоростей ветра, наблюдаемая на станции Канин нос, не превышает 9 дней в году, что соответствует относительной продолжительности около 2,4% в

год. Северная часть Архангельской области обладает высоким ветроэнергетическим потенциалом

6. Проведенные исследования ветрового режима исследуемых областей дает возможность с полной уверенностью заявить, что ветроэнергетика в нашей стране, может использоваться как полноценный источник энергии. Это дает возможность обеспечить максимальную выработку энергии, покрывающую нужды населения.

7. При использовании энергии ветра не требуется высокое качество энергии, вырабатываемой ВЭУ, что позволяет сделать установку более простой и недорогой в обслуживании.

8. Применение ВЭУ в зонах нуждающихся большим обеспечением электроэнергией может сократить до 80–90 % использование дефицитного органического топлива, сжигаемого котельными, что улучшит экологическую обстановку местностей.

Список использованной литературы

1. Баланчевадзе, В. И., Барановский, А. И. и др.; Под ред. А. Ф. Дьякова. Энергетика сегодня и завтра. — М.: Энергоатомиздат, 1990. - 344 с.
2. Бежан, А.В. Теплоснабжение с применением ветроэнергетических установок. [Электронный ресурс]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3745 (дата обращения 18.05.2021).
3. Бежан, А.В. Экологические преимущества развития ветроэнергетики // Энергия. — 2007. — N 1. — С.45-47.
4. Безруких, П. П. Ветроэнергетика: моногр. / П.П. Безруких. — М.: Энергия, 2010. — 665 с.
5. Ветроэнергетика в условиях Заполярья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-78808.html> (дата обращения 22.04.2021).
6. Ветроэнергетика России начинается в Калмыкии. [Электронный ресурс]. URL: https://elektrovesti.net/435_vetroenregetika-rossii-nachinaetsya-v-kalmykii (дата обращения 19.05.2021).
7. ВИЭ в России: как развивается ветроэнергетика. [Электронный ресурс]. URL: <https://recyclemag.ru/article/rossii-razvitie-skorostyu-vetra> (дата обращения 24.04.2021).
8. Волкова, Т.Н. Ветер как альтернативный источник энергии // Энергетика. - Ульяновск: УлГТУ, 2010. — С.107-108.
9. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология / В. И. Воробьев. — Л.: Гидрометеоиздат, 1994. — 716 с.
10. Григораш, О.В., Ступура, Ю.П., Сулейманов, Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. — Краснодар: КубГАУ, 2012, — 272 с.
11. Дьяков, А.Ф., Прокуроров, Н.С., Перминов, Э.М. Калмыцкая опытная ветровая электростанция / Электрические станции. — 1995. — № 2. — С. 42-46
12. Елистратов, В.В. Возобновляемая энергетика / В.В. Елистратов. —

3-е изд., доп. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — 424 с.

13. Зверев, А.С. Синоптическая метеорология. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 71с.

14. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учеб. пособие / В.И. Земсков. - М.: Лань, 2014. — 368 с.

15. Значение направления и скорости ветра в г. Ростов-на-Дону [Электронный ресурс]. URL: <https://www.betaenergy.ru/windspeed/rostov-na-donu/> (дата обращения 13.06.2021).

16. Значение направления и скорости ветра в г. Элиста (Республика Калмыкия) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.betaenergy.ru/windspeed/elista/> (дата обращения 15.06.2021).

17. Зысин, Л.В., Сергеев, В.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Часть 1. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. — 192 с.

18. Кислов, А.В. Климатология / А. В. Кислов. – М.: Изд. «Академия», 2013. – 224 с.

19. Кривцов, В.С., Олейников, А.М., Яковлев, А.И. Неисчерпаемая энергия. Книга 1. Ветроэлектрогенераторы. [Электронный ресурс]. URL: <https://alternativenergy.ru/biblioteka/206-neischerpaemaya-energiya-kniga-1-vento-elektrogeneratoriy.html> (дата обращения 22.04.2021).

20. Логинов, В.Б. Новак, Ю.И. Высокоэффективные ветроэнергетические установки / Проблемы машиностроения и автоматизации. — 1995. — № 1-8. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecoportal.su/public/industry/view/694.html> (дата обращения 19.05.2021).

21. Михеев, В.А. Климатология и метеорология / В. А. Михеев. — Ульяновск: Ул. ГТУ, 2009. – 114 с.

22. Оценка ресурсов и эффективности использования энергии ветра, малых рек и других возобновляемых источников энергии в районах европейского Севера /Перспективы энергоснабжения изолированных потребителей севера с использованием энергии ветра: Отчет о НИР / ИФТПЭС

КНЦ РАН; Руководитель В. А. Минин. — Апатиты, 1993. [Электронный ресурс]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3745 (дата обращения 19.05.2021).

23. Перспективы ветроэнергетики [Электронный ресурс]. URL: <http://наука.relis.ru/06/0403/06403006.htm> (дата обращения 19.05.2021).

24. Хргиан, А.Х. Л.: Гидрометеиздат, 1961. — 458 с.

25. Шефтер, Я.И. Использование энергии ветра /Я.И. Шефтер. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 200 с.