

---

УДК 551.55.3.003.12(574)

## ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

К.Т. Елеуова  
Н.Р. Алиякбарова

*В данной работе проведены теоретические расчеты ветроэнергетических ресурсов на основании данных многолетних наблюдений метеорологических станций за ветром и определены наиболее перспективные районы для строительства ветроэнергетических установок.*

В настоящее время одним из перспективных способов решения энергетической и экологической проблемы Республики Казахстан является активное использование возобновляемых источников энергии. Из большого многообразия возобновляемых источников энергии наиболее эффективным для Казахстана представляется освоение ветроэнергетического потенциала страны.

Для объективной оценки ветроэнергетического потенциала требуется проведение комплексных исследований довольно обширных территорий с полным выяснением целесообразности использования ветроэнергетических установок (ВЭУ) по регионам.

Ветер в Казахстане носит преимущественно материковый характер и определяется, в основном, местными барико-циркуляционными условиями. Наряду с этим в районах с изрезанным рельефом местности и в прибрежной зоне крупных водоемов отмечаются различные по характеру реверсивные ветры, меняющие свое направление в течение суток (бризы, горно-долинная циркуляция), и ветры направленной циркуляции (фёны, струйные ветры) [1].

Несмотря на значительную физико-географическую неоднородность, территория Казахстана может быть в известных пределах допуская расчленена на районы с относительно устойчивым режимом ветра. Осо-

бенно это хорошо прослеживается по основным сезонам года: зиме и лету, наиболее резко отличающимся между собой по барико-циркуляционным и термическим условиям [5].

Основу для расчета климатических характеристик по ветру и ветроэнергетического потенциала составили материалы регулярных наблюдений метеорологических станций сети Казахстана за период 1966...2000 гг. Руководящим документом, регламентирующим порядок и правила расчета климатических ресурсов, послужил Руководящий документ 52.04.275-89 (РД) «Проведение изыскательных работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок» [4].

Список метеорологических станций (МС), по которому производились расчеты, рекомендован Рабочей группой по разработке проекта Программы развития ветроэнергетики в Казахстане. Для определения наиболее перспективных участков использования ветроэнергетических ресурсов рассчитаны климатические характеристики ветрового режима по территории Казахстана, которые приведены в табл. 1.

Климатическая информация по ветровому режиму из табл. 1 может быть преобразована в три таблицы: в виде ранжированного ряда по теоретической мощности ветрового потока (табл. 2); в виде ранжированного ряда по продолжительности затиший (табл. 3); в виде ранжированного ряда по продолжительности штормовых ветров более 20 м/с (табл. 4).

В табл. 1 под понятием «удельная теоретическая мощность» подразумевается мощность, рассчитанная при условии, что вся ветровая энергия полностью утилизируется ВЭУ без потерь. «Удельная мощность реальная» - это мощность, которая соответствует полной утилизации энергии в диапазоне скоростей 5...9 м/с. Продолжительность затиший - диапазон скоростей ветра ниже определенного уровня ( $\leq 5$  м/с), когда электроэнергия ВЭУ не вырабатывается. Продолжительность штормовых ветров (более 20 м/с) - диапазон опасных скоростей ветра, когда ВЭУ отключается во избежание поломки лопастей (выработка электроэнергии равна нулю). В последнем столбце табл. 1 помещены данные о процентном отношении реальной удельной мощности к теоретической мощности ветрового потока.

Таблица 1

Климатические характеристики ветрового режима  
по территории Казахстана

Метеорологическая станция	Годовая продолжительность загижий, %	Годовая продолжительность штормовых ветров более 20 м/с		Теоретическая удельная мощность ветрового потока, Вт/м <sup>2</sup>	Реальная удельная мощность ветрового потока, Вт/м <sup>2</sup>	Отношение реальной мощности ветрового потока к теоретической мощности, %
		%	час			
Кзылтау	79	0,01	1	113	72	64
Тюлькубас	78,6	0,033	2,9	147	82	56
Аральское море	64,1	0,0	-	206	131	64
Кульсары	57,6	0,13	11,4	373	177	47
Кызан	72,2	0,01	1	166	104	63
Каркаралинск	71,3	0,08	7,0	221	116	52
Бектауата	80,3	0,0	-	102	65	64
Берлик	73,1	0,03	2,6	167	100	60
Ф-Шевченко	51,1	0,18	15,8	460	220	48
Атырау	68,3	0,0	-	201	121	60
Аркалык	58,1	0,29	25,4	354	173	49
Балхаш	70,5	0,0	-	136	93	68
Ерейментау	57,5	0,4	35	441	191	43

В результате анализа ранжированных рядов можно сделать выводы о наиболее перспективных участках для размещения ВЭУ, по мере роста мощности ветрового потока. Этими участками являются:

- Восточное и северное побережье Каспия в районе МС Форт-Шевченко с реальной мощностью ветрового потока 220 Вт/м<sup>2</sup>, МС Атырау с реальной мощностью ветрового потока 121 Вт/м<sup>2</sup>;

- Северная часть Казахского мелкосопочника в районе МС Ерейментау (191 Вт/м<sup>2</sup>);

- Северо-восточная часть Каспийского моря в районе МС Кульсары (177 Вт/м<sup>2</sup>);
- Северо-западная часть Казахского мелкосопочника, в районе гор Улытау (МС Улытау, 173 Вт/м<sup>2</sup>);
- Северная часть Аральского моря в районе МС Аральское море (193 Вт/м<sup>2</sup>);
- Центральная часть Казахского мелкосопочника в районе гор Каркаралы (МС Каракаралинск, 116 Вт/м<sup>2</sup>);
- На полуострове Бузачи (МС Кызан, 104 Вт/м<sup>2</sup>);
- Южная и юго-западная часть Казахского мелкосопочника в районе пустынь Карагандинской области: МС Балхаш, МС Кзылтау, МС Бектауата (до 95 Вт/м<sup>2</sup>);
- Район МС Тюлькубас (82 Вт/м<sup>2</sup>).

Таблица 2

Ранжированный ряд по теоретической мощности ветрового потока

Метеорологическая станция	Теоретическая мощность ветрового потока, Вт/м <sup>2</sup>	Годовая продолжительность затиший, %	Годовая продолжительность штормовых ветров более 20 м/с	
			%	час
Ф-Шевченко	460	51,1	0,18	15,8
Ерейментау	441	57,5	0,4	35
Кульсары	373	57,6	0,13	11,4
Аркалык	354	58,1	0,29	25,4
Каркаралынск	221	71,3	0,08	7,0
Аральское море	206	64,1	0,0	-
Атырау	201	68,3	0,0	-
Берлик	167	73,1	0,03	2,6
Кызан	166	72,2	0,01	1
Тюлькубас	147	78,6	0,033	2,9
Балхаш	136	70,5	0,0	-
Кзылтау	113	79	0,01	1
Бектауата	102	80,3	0,0	-

Таблица 3

Ранжированный ряд по продолжительности затиший

Метеорологическая станция	Годовая продолжительность затиший, %	Реальная мощность ветрового потока, Вт/м <sup>2</sup>	Отношение реальной мощности ветрового потока к теоретической мощности, %
Ф-Шевченко	51,1	220	48
Ерейментау	57,5	191	43
Кульсары	57,6	177	47
Аркалык	58,1	173	49
Аральское море	64,1	131	64
Атырау	68,3	121	60
Балхаш	70,5	93	68
Каркаралинск	71,3	116	52
Кызан	72,2	104	63
Берлик	73,1	100	60
Тюлькубас	78,6	82	56
Кзылтау	79,0	72	64
Бектауата	80,3	65	64

На основании полученных климатических характеристик режима ветра на высоте 8...10 м (высота ветроизмерительного прибора) наиболее привлекательными для энергетики являются: прибрежные районы внутренних морей, Казахский мелкосопочник, районы горных долин и перевалов.

***1. Прибрежные районы Каспийского и Аральского морей***

Прибрежные районы внутренних морей располагают большими энергетическими запасами ветра. Здесь средняя годовая скорость ветра составляет 4...5 м/с [3,5].

Бризы в прибрежной зоне Каспия, Арала характеризуются полусуточными сменами направления ветра, обусловленными неравномерностью

нагрева поверхности суши и моря. Чем больше контраст температур, тем сильнее ветер. Ветер достигает штормовых величин, если на составляющую бризового ветра накладывается ветер, обусловленный циркуляцией атмосферы. В среднем их продолжительность составляет до 15 ч в год.

Таблица 4

Ранжированный ряд по продолжительности штормовых ветров

Метеорологическая станция	Годовая продолжительность штормовых ветров, более 20 м/с		Отношение реальной мощности ветрового потока к теоретической мощности, %
	%	ч	
Ерейментау	0,4	35	43
Аркалык	0,29	25,4	49
Ф-Шевченко	0,18	15,8	48
Кульсары	0,13	11,4	47
Каркаралинск	0,08	7,0	52
Тюлькубас	0,033	2,9	56
Берлик	0,03	2,6	60
Кзылтау	0,01	1	64
Кызан	0,01	1	63
Аральское море	0,0	-	64
Бектауата	0,0	-	64
Атырау	0,0	-	60
Балхаш	0,0	-	68

На общем фоне распределения скоростей ветра по Казахстану восточное побережье Каспия выделяется как район наиболее перспективный, что связано с прохождением западных и южных циклонов. Именно этот район выделяется по силе ветров. Многолетние средние годовые скорости ветра достигают более 6 м/с [3,5].

Северное и северо-восточное побережье Каспия также является приоритетным для ветроэнергетики. Средняя годовая скорость ветра колеблется в пределах 4,5...6,0 м/с [3, 5].

Прикаспийская низменность, находясь ниже уровня моря до 28 м, является открытым пространством для местных ветров, которые проникают вглубь на 50...100 км в результате отсутствия препятствий.

Бризы имеют суточный и сезонный ход. Они могут быть усилены господствующим направлением ветра в результате адвекции воздушных масс. При этом уменьшается период затиший, который в среднем составляет на восточном берегу 50 %, на севере и северо-востоке более 50 %.

Хотя, согласно РД 52.04.275-89 [4], наиболее приемлемым является не более 30 % затиший (повторяемость градаций 0...5 м/с) и отсутствие штормовых ветров, однако эти районы предпочтительнее для размещения ветроэнергетических установок для утилизации ветрового потенциала.

## ***2. Казахский мелкосопочник***

Горные поднятия (Каргалы, Улытау, Ерейментау и др.) Казахского мелкосопочника в Карагандинской области являются районами возникновения местных ветров (фёнов), которые обусловлены прохождением циклонических образований в сочетании с местной орографией.

В тех случаях, когда воздушный поток, обусловленный общей циркуляцией атмосферы, встречает на своем пути горный хребет и не может обогнуть его, происходит перетекание воздуха по другую сторону хребта в наиболее низкие места. Наличие узких горных проходов между возвышенностями вызывает усиление «фёна» до штормового значения. Например, в районе гор Ерейментау и Улытау штормовой ветер наблюдается в среднем до 35 ч в году. Средняя годовая скорость в пересеченной местности Казахского мелкосопочника колеблется от 3,2 м/с до 5,7 м/с. Выделяются районы гор Ерейментау и Улытау со средними скоростями ветра 5,4...5,7 м/с.

Период затиший составляет в районе горных поднятий 50...60 % к югу, в районе оз. Балхаш, к северу и северо-западу возрастает до 70...80 %, что не совсем благоприятно для ВЭУ согласно РД.

Рассматривая данные по скорости ветра по всей территории мелкосопочника, сравнивая их, можно отметить, что его северная часть (районы

Ерейментау, Улытау, Аркалык, Каракаралинск, Берлик и пр.) более благоприятны для ВЭУ, чем южная (Балхаш, Кызылтау, Бектауата). Объясняется это наложением орографии и господствующего направления ветра в результате циркуляционных процессов.

### ***3. Районы горных долин и перевалов***

С приближением к горным массивам, расположенным на юге, юго-востоке и востоке Казахстана, скорости ветра уменьшаются до 2...3 м/с, а по узкой предгорной зоне даже до 1...2 м/с в среднем за год. Однако в этих районах выделяются очаги с повышенными годовыми скоростями ветра. К ним следует отнести такие районы, как Джунгарские ворота, Курдайский перевал, Чокпарский перевал и т.д.

Район Джунгарских ворот, МС Жаланашколь, средняя годовая скорость ветра 10,1 м/с. Более 50 % повторяемости различных градаций скоростей ветра отмечается со скоростью 0...5 м/с, значительная длительность штормовых ветров (скорость ветра >20 м/с) и ураганных ветров (скорость ветра более 35 м/с) [5].

Тюлькубасский ветер в районе Чокпарского перевала между гг. Таразом и Чимкентом (МС Тюлькубас) обусловлен сочетанием орографии и циркуляции атмосферы, мощность ветрового потока здесь больше, чем ветер южнее горных поднятий Казахского мелкосопочника. Средняя годовая скорость ветра составляет 3,5 м/с, период затиший – 80 %. Продолжительность штормовых ветров до 3 ч в год.

Кордайский перевал (МС Кордай) характеризуется средней годовой скоростью 4,2 м/с, однако, диапазон рабочих скоростей ветра в пределах 5...9 м/с составляет около 30 %, максимальная скорость ветра (порыв) достигает 34 м/с (40 м/с).

Таким образом, на основе проведенных теоретических расчетов с использованием многолетних метеорологических данных ветровых характеристик оценен ветроэнергетический потенциал территории Казахстана и определены перспективные районы для строительства ветроэнергетических установок.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат Казахстана / Под ред. А.С. Утешева. – Л.: Гидрометеиздат, 1959.- 366 с.
2. Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей / Под ред. К.Ш. Хайруллина. - СПб: Гидрометеиздат, 2005.- 231 с.
3. Научно-прикладной справочник климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 440 с.
4. Руководящий документ 52.04.275-89 «Проведение изыскательных работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок». Госкомгидромет СССР.- 1991.- 56 с.
5. Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные. Раздел 5. - Алматы: Казгидромет, 2003.- 447 с.

Информационно-аналитический центр «РФГЗ» РГП «Казгидромет»

## ҚАЗАҚСТАН ТЕРРИТОРИЯСЫНЫҢ ЖЕЛ-ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОРЫН БАҒАЛАУ

К.Т. Елеуова  
Н.Р. Алиякбарова

*Бұл жұмыста метеорологиялық станциялардағы жел бойынша көпжылдық бақылаулар негізінде теоретикалық есептер жүргізіліп, келешегі бар аудандарға арналған жел-энергетикалық қондырғыларды құру үшін ұсыныстар берілген.*