

УДК 551.553./554+551.5:62

ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СЕВЕРНОГО  
КАЗАХСТАНА

Б.А. Сазанова

*В настоящей статье рассматриваются вопросы целесообразности и рациональности использования различных ветроэнергетических установок (ВЭУ) в качестве перспективного возобновляющего их применения в народном хозяйстве Казахстана (на примере областей Северного Казахстана).*

Возобновляемые источники энергии стали привлекать внимание в последнее десятилетие, обещая занять важное место в будущем энергетической отрасли. К причинам, обуславливающим всё возрастающую уверенность в перспективности возобновляемых источников энергии, относятся:

- нестабильность цен и поставок традиционных источников энергии;
- снижение загрязнения атмосферы;
- успехи в развитии новых технологий по производству электроэнергии за счет нетрадиционных источников энергии.

Электроэнергия представляет собой наиболее удобную универсальную и легко транспортируемую форму энергии, непосредственно используемую потребителем. Поэтому возобновляемые источники целесообразно использовать именно для выработки электроэнергии. При этом может использоваться сочетание различных источников: возобновляемых или не возобновляемых, концентрированных или рассеянных, циклических или постоянных во времени и по потенциалу – и затем передаваться потребителю.

Использование энергии ветра, особенно в Казахстане, с его огромными пространствами, физико-географическими контрастами и отсутствием во многих районах других энергетических ресурсов, кроме ветровых, представляет один из важных параметров народнохозяйственных задач. Целью настоящей работы является оценка ветрового режима и перспективности использования энергии ветра в Северном Казахстане (Костанайская, Северо-Казахстанская и Акмолинская области).

Одним из важных параметров при ветроэнергетических расчетах являются средние скорости ветра, по величинам которых можно получить оценки общего уровня энергии ветра в той или иной местности.

Таблица 1

Средняя годовая скорость ветра по метеостанциям Северного Казахстана

Метеостанция	Скорость ветра, м/с	Метеостанция	Скорость ветра, м/с
Алексеевская	3,8	Коминтерновская 2	6,0
Экибастуз	4,8	Сергеевка	3,8
Коминтерновская	4,9	Щербакты	4,0
Степногорск	5,2	Экидын	3,0
Вишневка	4,2	Тобол	3,7
Атбасар	4,9	Преснегорьевка	4,1
Аркалык	5,4	Михайловка Павлодар	2,9
Железноводск	4,54	Восход	3,5
Урицкий	4,1	Золотая Нива	4,0
Амангельды	4,2	Кзылту	3,6
Кокчетав	4,1	Михайловка Костнай	4,2
Успенка	3,0	Кургалжино	4,8
Кучмурун	3,5	Боровое	3,6
Державинск	3,5	Аршалинский	3,4
Рузаевка	2,9	Костанай	3,7

В табл. 1 видно, что средняя годовая скорость ветра в пределах исследуемой территории изменяется в широких пределах. Почти весь исследуемый район характеризуется скоростями ветра, превышающими 4 м/с. Согласно исследованиям И.Т. Тажиева районы со скоростями ветра более 4 м/с являются перспективными для размещения ветроэнергетических установок [3]. Наиболее ветреными являются Северо-Казахстанская и Акмолинская области. Более половины территории этих областей характеризуются среднегодовыми скоростями ветра от 4,5 до 5,3 м/с. В Костанайской области на большей части территории среднегодовая скорость ветра колеблется в пределах 4,0 – 4,5 м/с.

В Северном Казахстане среднее число дней со скоростями ветра 8 м/с превышает 100 дней (за исключением метеостанций Булаево и Комсомолец) и доходит до 204 на метеостанция Кокшетау (табл. 2). В среднем, по данному

региону суммарное число дней со скоростями ветра не менее 8 м/с составляет 150 дней.

Таблица 2

Среднее число дней со скоростью ветра, равной или превышающей заданное число в целом за год

Метеостанция	Скорость ветра, м/с		
	> 8	> 15	> 20
Северо-Казахстанская			
Булаево	78	7	-
Петропавловск	181	33	1
Благовещенка	137	36	0,4
Явленка	125	32	2
Костанайская			
Урицк	123	15	3
Костанай	128	25	4
Кушмурун	130	17	1
Джетыгара	158	34	7
Аркалык	141	17	3
Амангельды	144	19	2
Акмолинская			
Алексеевка	110	30	3
Атбасар	181	44	4
Берлик	136	21	2
Красноармейск	152	33	4
Рузаевка	129	14	2
Павлодарская			
Михайловка	148	26	0,4
Павлодар, АС	144	37	1
Экибастуз	173	19	4

Однако, скорости ветра изменяются не только в пространстве, но и во времени. Из рис. 1 следует, что почти во всех исследуемых районах четко выражен годовой ход скорости ветра: наибольшие скорости ветра отмечаются в конце зимы и начале весны, а наименьшие – в конце лета. Причем разность между максимумом и минимумом средней скорости ветра варьирует от 1,0 до 2,4 м/с. Следует заметить, что на большей части Северного Казахстана с ноября по май средние скорости ветра от месяца к

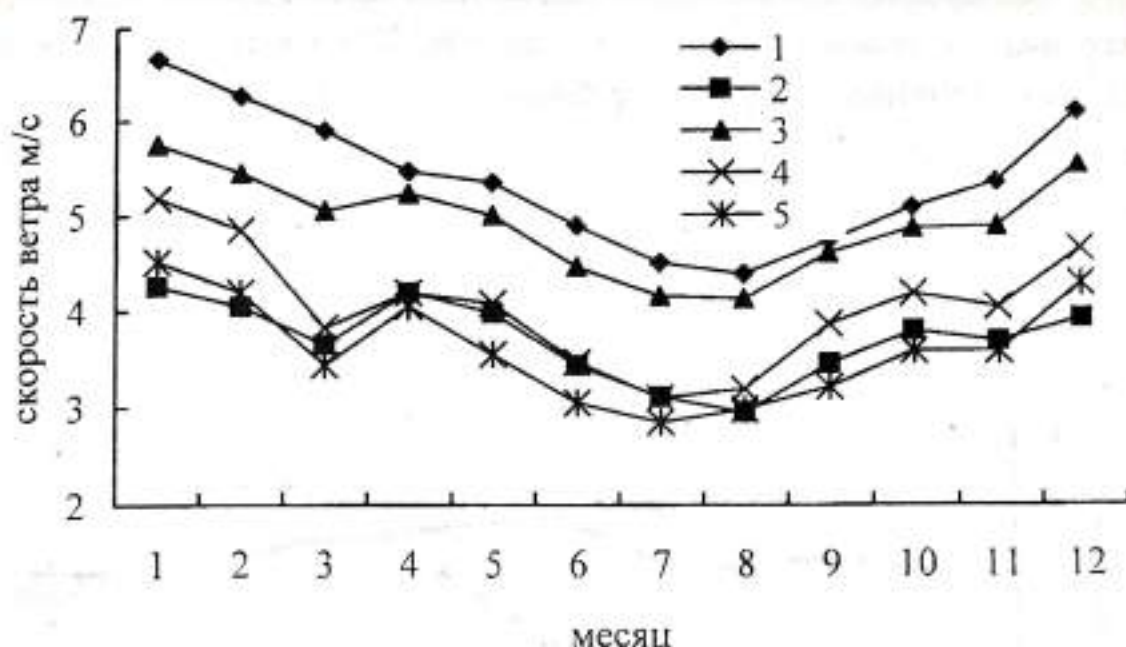


Рис. 1. Годовой ход скорости ветра по метеостанциям Северного Казахстана.  
 1 – Аркалык; 2 – Костанай; 3 – Атбасар; 4 – Урицкий; 5 – Боровое.

месяцу не претерпевают существенных изменений, с июня по август - заметное снижение, а с августа по ноябрь скорости ветра возрастают быстрее.

Не меньший интерес при планировании размещения ветроэнергетических установок (ВЭУ) представляет вопрос о суточном ходе ветра. На рис.2 видно, что в зимние месяцы во всех исследуемых районах средние скорости ветра в течение суток не изменяются. По мере приближения к лету суточная амплитуда скорости ветра возрастает и достигает своего максимума в июле. В июле скорость ветра в ночные часы не претерпевает существенных изменений. Начиная с 6 часов (местное время), скорость ветра быстро увеличивается и достигает своего максимума между 15 и 16 часами. Разность между максимумом и минимумом средних скоростей ветра в течение суток достигает 2 – 3 м/с. В дневные часы средние скорости ветра превышают 4 м/с. Это указывает на то, что несмотря на общее ослабление скорости ветра в летние месяцы ВЭУ могут успешно работать в дневные часы.

Полученные результаты оценки скорости ветра явно не достаточны для принятия решения об эффективности использования ВЭУ в том или ином районе. Средние скорости ветра хотя и являются важными, но они не достаточны для суждения об эффективности ветроиспользования [2]. В связи с этим мы попытались оценить утилизируемую ветровую энергию на примере нескольких ветроустановок.

Воздушный поток, как и любое движущее тело, обладает энергией движения, или запасом кинетической энергии. ВЭУ воспринимая этот воздушный поток, начинает работать, преобразуя кинетическую энергию в механическую. В зависимости от назначения ВЭУ механическая энергия с помощью исполнительных механизмов может быть преобразована в электрическую, тепловую или химическую энергию, а также в энергию сжатого воздуха.

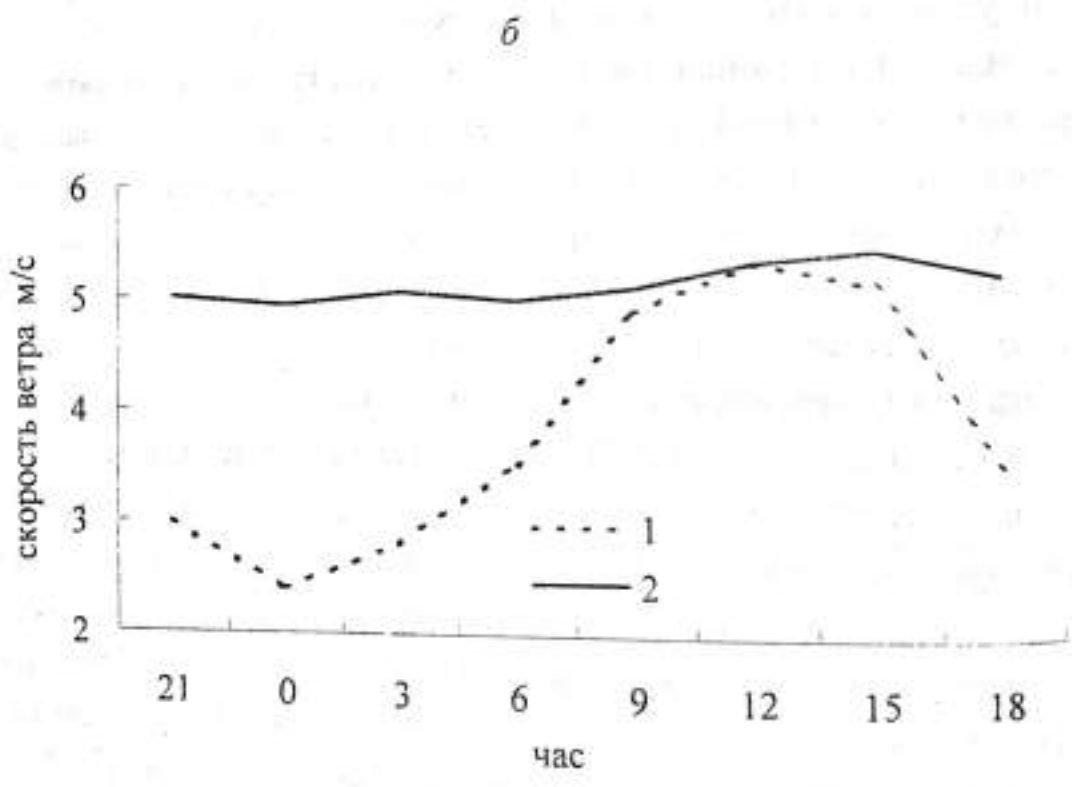
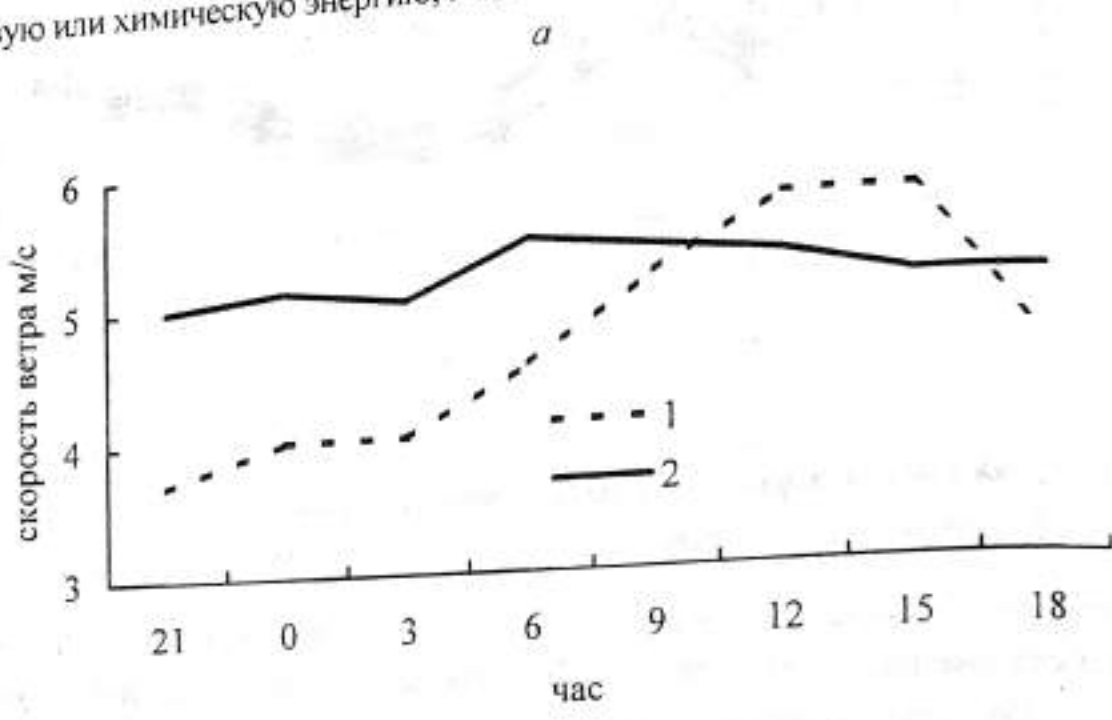


Рис. 2. Суточный ход скорости ветра по метеостанциям Торгай (а) и Петропавловск (б). 1 - июль, 2 - январь.

Мощность ветрового потока ( $P$ ) определяется следующим выражением [1]:

$$P = 1/2 \cdot \rho S v^3,$$

где  $\rho$  - плотность воздуха,  $S$  - площадь, перпендикулярная к воздушному потоку,  $v$  - скорость ветра. Таким образом, мощность воздушного потока пропорциональна плотности воздуха, площади поперечного сечения и кубу скорости ветра. Мощность ветрового потока характеризует потенциальные ветроэнергоресурсы. Однако ВЭУ могут утилизировать только часть полной энергии потока (потенциальных ветроэнергоресурсов), воспринятой ветроколесом. Эта часть оценивается коэффициентом использования энергии ветра [1]:

$$\xi = P_0 / P,$$

где  $P_0$  - используемая (утилизируемая) ветроколесом мощность. Значение  $\xi$  зависит от типа и режима работы ВЭУ.

В настоящее время существует множество типов ВЭУ с различными режимами работы, в связи с этим значения  $\xi$  могут изменяться в больших пределах. Поэтому при оценке ветроэнергоресурсов важно знать также и ожидаемую выработку ВЭУ, т.е. утилизируемую энергию. Так как разным ВЭУ соответствуют различные значения установленных мощностей, то для выявления наиболее подходящих типов ВЭУ удобно использовать их относительные энергетические характеристики. Из них в первую очередь выделим коэффициент использования установленной мощности ВЭУ ( $K_y$ ), который определяется отношением фактической выработки энергии ( $R$ ) к максимальной ( $R_{max}$ ) при работе с установленной мощностью в течение всего периода [1].

$$K_y = R/R_{max}.$$

Так как скорость ветра является величиной, изменяющейся во времени, при расчетах ветроэнергетических ресурсов необходимо определить повторяемость различных скоростей ветра. При оценке ветроэнергетических ресурсов большой территории осредненных и суммарных характеристик, приводимых в климатологических справочниках, оказывается недостаточно. Использование только климатологических данных при существующей редкой сети метеорологических станции и большой изменчивости режима ветра на близких расстояниях могут привести к неверным выводам. Недостаточность этих данных заключается в том, что в Справочниках, повторяемость различных скоростей ветра дана через определенные

градации, тогда как для ветроэнергетических расчетов необходимо знать повторяемость скоростей ветра через 1 м/с.

Для решения этого вопроса повторяемость скоростей ветра рассчитывается с помощью теоретических кривых, описывающих распределения скоростей ветра. В связи с этим в статье использованы уравнения Гриневича для равнинных территорий, которые хорошо описывают эмпирические распределения скоростей ветра на изучаемой территории [2].

В то время, как потенциальные возможности использования энергии ветра определяются ветровым режимом, хозяйственно-экономическими условиями и потребностями в энергии, реальный уровень развития ветроэнергетики и применения ветроэнергетических агрегатов зависят прежде всего от технических и эксплуатационных параметров и экономической эффективности ветродвигателей и ветроустановок, имеющих в распоряжении энергетиков, масштабов производства, уровня организации внедрения, использования и службы эксплуатации. В соответствии с классификацией, под ветродвигателями понимают любое устройство, использующее кинетическую энергию ветра для выработки (производства) механической энергии. Рассмотрим технические данные агрегатов, ранее выпущенные опытными образцами, освоенные производством небольшими партиями, прошедших государственные испытания или подготовленные к ним [1]. Агрегат «Сokol» изготовлен в опытном варианте и является электрическим агрегатом универсального назначения. Он работает с погруженным центробежным насосом типа ЭПН-6-110, а также служит для энергоснабжения небольших удаленных от сетей объектов. Его главное назначение - это подъем воды на фермах, орошаемых и осушаемых участках, использование в неэлектрифицированных пунктах. Основные зоны применения агрегата - Казахстан, Азербайджан, Поволжье, прибрежные районы Каспия, Алтай и др. Агрегат «Беркут» предназначен для подъема воды из любых водоисточников до 30 метров в районах, где среднегодовая скорость ветра превышает 4 м/с. Для зарядки аккумуляторов, питания энергией осветительных приборов и радиоприемников к нему прилагается выпрямительное устройство. Одной из конструктивных модификаций «Беркута» является агрегат ВЭУ-4, отличающийся применением планетарного редуктора со сменными блоками шестерен. Быстроходный агрегат ВБ-3Т с инерционным насосом поднимает воду с глубины до 10 - 15 м, при общем напоре до 25 м. Он был создан для использования на пастбищах и скотопроегонных трассах.

полевых станах, в зонах, где скорость ветра больше 3,5 м/с. Он устанавливается над колодцем, глубина которого достигает 10 м.

Таблица 3

Коэффициент использования установленной мощности ( $K_u$ ) для ветроагрегатов "Сокол", ВБ-3Т и "Беркут", %

Тип ВЭУ	Месяц				Год
	январь	апрель	июль	сентябрь	
<b>Акмола</b>					
"Сокол"	22	18	8	1	16
ВБ-3Т	53	48	35	4	46
"Беркут"	32	27	26	28	28
<b>Кокшетау</b>					
"Сокол"	37	29	16	22	26
ВБ-3Т	57	54	39	41	48
"Беркут"	44	37	23	52	39
<b>Костанай</b>					
"Сокол"	28	22	8	20	20
ВБ-3Т	58	53	33	51	49
"Беркут"	37	32	15	30	29
<b>Петропавловск</b>					
"Сокол"	33	35	17	25	28
ВБ-3Т	68	70	47	61	62
"Беркут"	45	47	26	37	39
<b>Аркалык</b>					
"Сокол"	43	43	22	32	35
ВБ-3Т	69	69	58	68	66
"Беркут"	52	52	33	44	4

Результаты расчетов (табл. 3) показали, что почти все области Северного Казахстана не перспективны для установки ветроагрегата «Сокол», исключение составляет юго-западная часть Костанайской области, где данный коэффициент превышает 30 %. Например, для станции Аркалык  $K_u$  в январе составляет 43 %, апреле – 43 %, ноябре – 32 %, только в июле он понижается до 22%, а для станции Кокшетау ветроагрегат «Беркут» в январе будет вырабатывать 44% всей вырабатываемой энергии и в



ноябре – 54 %. Быстроходный агрегат ВБ-3Т в Северном Казахстане имеет высокую эффективность.

Широкая эксплуатационная проверка ВЭУ в Казахстане [3] показывает, что даже при наличии некоторых конструктивных недостатков и изъянов в производстве ряда узлов, агрегаты работают надежно и эффективно, если соблюдаются рекомендации по выбору места и монтажа ветродвигателя, соответствие его типа характеристикам зоны.

В конечном итоге, Северный Казахстан можно отнести к району перспективному для размещения ветроэнергетических установок. Почти на всей территории среднегодовая скорость ветра превышает 4 м/с. В годовом ходе скорость ветра достигает максимума в конце зимы начале весны, а минимум отмечается в августе. Полученные результаты позволяют рекомендовать ветроэнергетические установки в Северном Казахстане.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов В.И. и др. Ветроэлектрические станции. – М. – Л.; Госэнергоиздат. – 1978. - 320 с.
2. Гриневич Г.А. Опыт разработки элементов малого ветроэнергетического кадастра Средней Азии и Казахстана. – Ташкент, Изд. АН УзССР, 1952. - 152с.
3. Тажиев И.Т. Энергия ветра – база электрификации сельского хозяйства. – М.: Госэнергоиздат. – 1952. - 192 с.

Казгидромет

#### СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУ

Б.А. Сазанова

*Бұл мақалада қалпына келтірілетін келешегі бар энергия көздері – жел энергетика ресурстарын (ЖЭР) пайдаланудың мақсаттылығы мен ұтымдылығы, сондай-ақ оларды Қазақстанның халық шаруашылығында (Солтүстік Қазақстанның облыстары мысалында) қолданудың тиімділігі мәселелері қарастырылады.*