

УДК 621.54, 621.311.2458

З.У. РАМАЗАНОВА (Министерство топлива и энергетики АР Крым, Симферополь),

К.А. СКУЛЬСКИЙ (Межотраслевой научно-технический центр ветроэнергетики НАН Украины, Киев),

Б.Г. ТУЧИНСКИЙ, канд. экон. наук (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

## МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕТРОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИЙ КРЫМА

Описана методика формирования долгосрочного прогноза ветрового энергетического потенциала территорий региона, необходимого для выработки стратегии развития в регионе ветроэнергетики. Представлены результаты применения предложенной методики для Крымского полуострова.

Одним из главных факторов эффективности ветровой электрической станции (ВЭС) является уровень ветрового энергетического потенциала (ВЭП) на её площадке. Поиск площадок с высоким ВЭП по своей цели аналогичен геологической разведке залежей органического топлива, но методы поиска, конечно, различны.

Ранее проведенные исследования [1-4] показали наличие в Украине территорий с высоким ветровым потенциалом. Однако эти исследования выполнялись различными организациями и были направлены на решение различных локальных задач. Разработка методических основ долгосрочного прогнозирования ВЭП в регионе необходима для выработки стратегий регионального развития ветроэнергетики, упорядочения изыскательских работ по поиску площадок для ВЭС, развития электросетей, повышения обоснованности и эффективности принятия решений относительно выбора площадок строительства ВЭС.

Исходя из того, что Крымский полуостров является территорией, на которой реализуется большая часть программы развития украинской ветроэнергетики, системное исследование ВЭП Крыма имеет важное прикладное значение.

С этой целью выполнены следующие этапы работы:

1. Проанализирована действующая в Крыму система из 23-х метеостанций (МС), входящих в состав Госкомгидромета Украины. Эта система в основном обеспечивает достаточно плотное информационное покрытие Крыма с точки зрения информации о ветре – в среднем одна МС приходится на 1174 км<sup>2</sup>, что условно соответствует квадрату со сторонами ~34 км. В то же время, МС расположены на территории региона не вполне равномерно, в силу чего имеется ряд территорий, информационная обеспеченность которых является крайне низкой. Это центр Крыма и юг Кер-

ченского полуострова. На этих территориях расстояния до ближайших МС составляют 45-50 км – их данные не являются репрезентативными для указанных территорий.

Действующие МС также не обеспечивают необходимый уровень информационной обеспеченности таких важных для развития ветроэнергетики Крыма регионов, как район Донузлавского залива и запад Тарханкутского полуострова. Но здесь проблема решается путём привлечения дополнительных источников информации о ветре, которыми являются автоматические метеопосты действующих Донузлавской, Мирновской и Тарханкутской ВЭС. Кроме того, использованы данные специализированных метеопостов, собранные в разное время и приведенные к долгосрочному периоду в соответствии с действующим нормативным документом [5].

2. Каждая из 23-х крымских МС была обследована на предмет формирования розы затенения датчиков характеристик ветра. С этой целью были выполнены видео- и фотосъёмки окрестности каждой МС, построены планы МС. Кроме того, была получена информация об имевших место переносах метеоплощадок, изменениях приборного обеспечения, специфике регистрации характеристик ветра.

3. На основе проведенного анализа были отобраны "базовые" МС, данные которых, с точки зрения требований ветроэнергетических расчётов, можно считать точными. Это такие МС: Мысовое, Керчь (аэропорт), Нижнегорск, Симферополь (аэропорт), Херсонесский маяк, Черноморское. К этим источникам информации в качестве базовых присоединены перечисленные метеопосты действующих ВЭС, а также метеопосты МНТЦ ветроэнергетики НАН Украины, производившие регистрацию характеристик ветра в районе Акташского залива (мыс Казантип),

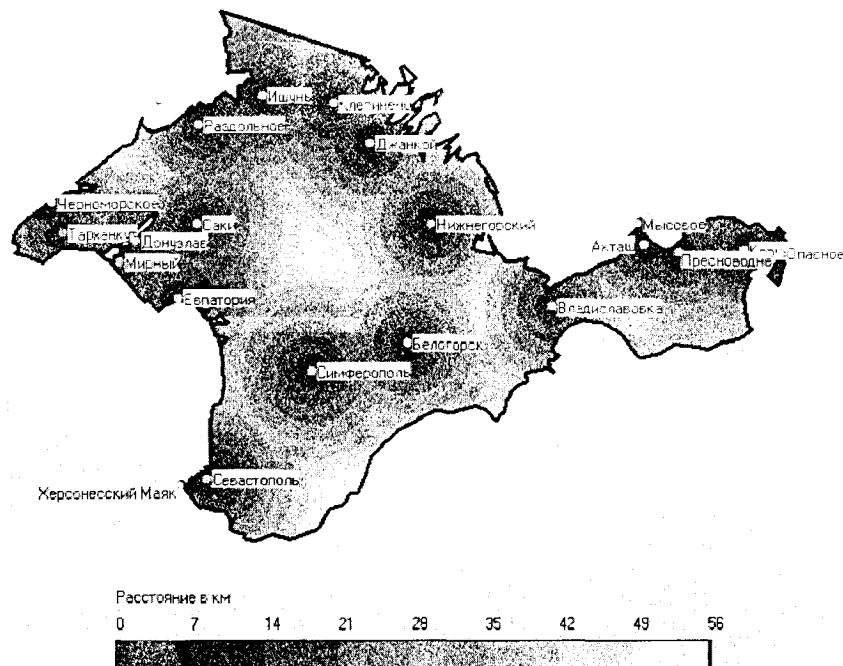


Рис. 1. Информационное покрытие Крыма опорными источниками информации о характеристиках ветра

станции Пресноводное (северо-центральная часть Керченского полуострова) и площадки расширения Сакской ВЭС.

4. Для всех 23-х действующих крымских МС в Крымском центре по метеорологии были получены так называемые "срочные" (восемь раз в сутки) данные о скоростях и направлениях ветра, зарегистрированные по методике Всемирной метеорологической организации за десятилетний период. Эти данные позволили для каждой МС построить энергетическую розу ветров, показывающую, сколько электроэнергии может выработать за год ветровая электрическая установка (ВЭУ) за счёт ветров каждого из восьми направлений. Ясно, что энергетические розы зависят от конкретной модели ВЭУ – в настоящей работе исследование проводилось применительно к модели Т600-48 мощностью 600 кВт, производство которой начато в Украине по лицензии бельгийской компании TurboWinds и на базе которой в настоящее время проектируются крымские ВЭС.

5. Для каждой МС, на которой датчики характеристик ветра оказывались частично затенёнными (не более двух секторов), выполнена корректировка энергетических роз ветров путём замены выработки электроэнергии ВЭУ в затенённых секторах соответствующими данными, полученными для близлежащих МС, находящихся с дан-

ной МС в однородных географических условиях (если таковые МС имеются).

6. В случаях, когда возможность корректировки энергетической розы методом, описанным в п. 5, отсутствовала, предпринималась попытка оценки ВЭП площадки МС по данным за период, когда датчики характеристик ветра не были затенены (с этой целью использовались данные о повторяемости скоростей ветра, начиная с 1970 года).

Если искажения информации о характеристиках ветра на МС оказывались неустранимыми методами, описанными выше в п.5-6, то такие МС исключались из рассмотрения в качестве источников информации о ветре.

В конечном итоге сформирована система опорных источников информации о характеристиках ветра в Крыму (см. рис. 1), на основании которой можно с достаточной точностью выполнить долгосрочный прогноз ВЭП данного региона.

Среднее расстояние от произвольного пункта территории Крыма до ближайшего к нему опорного источника информации о ветре составляет 20,8 км. На расстоянии меньше 33 км от ближайшего опорного источника информации находятся около 88% пунктов территории Крыма. На рис.1 территория Крыма расклассифицирована на восемь классов в зависимости от расстояний до

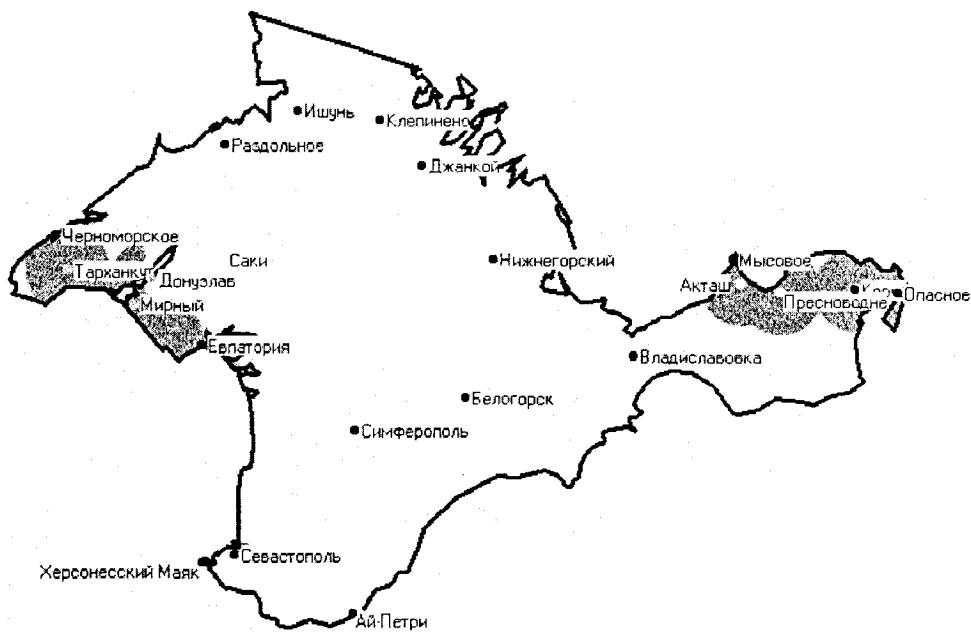


Рис. 2. Карта зон высокого ВЭП Крыма со значительным информационным покрытием

ближайших источников информации о ветре. Эта карта позволяет оценить репрезентативность прогноза ВЭП для той или иной территории региона.

Карты долгосрочного прогноза ВЭП территории Крыма формировались применительно к показателям среднегодовой выработки электроэнергии и коэффициента использования номинальной мощности ВЭУ Т600-48 (при наличии данных о технических характеристиках такие же карты могут быть построены для ВЭУ любой модели). Для опорных источников информации расчёт указанных показателей осуществлялся по методике [6] с использованием программного комплекса WindMeteo (авторы Б. Тучинский, Ю. Курзенков).

Для интерполяции показателей ВЭП вне опорных источников информации применялись два метода: метод ближайших соседей и метод триангуляции Делоне [7]. Оценки показателя ВЭП вычислялись как средневзвешенные значения оценок соответствующего показателя для опорных источников информации, "задействованных" в интерполяции. В качестве весов принимаются величины, обратные расстояниям между пунктом, для которого осуществляется интерполяция, и опорным источникам информации.

$$p = \sum_{i=1}^m w_i p_i, \quad (1)$$

$$w_i = \frac{1}{d_i} / \sum_{j=1}^m \frac{1}{d_j}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где:  $m$  – количество опорных пунктов, используемых в интерполяции (для метода триангуляции Делоне  $m=3$ );  $d_i$  – расстояние от данного пункта до  $i$ -го опорного источника информации;  $p_i$  – оценка показателя ВЭП для  $i$ -го опорного источника информации.

Отметим, что применение указанных выше методов интерполяции ВЭП привело к близким результатам.

На рис. 2 представлена карта зон Крыма с высоким ВЭП, на территории которых ВЭУ модели Т600-48 могут вырабатывать за год не менее 1,5 млн кВт-год электроэнергии. Из карты исключены зоны слабого информационного покрытия, удалённые от опорных источников информации о ветре более чем на 15 км. Таким образом, представленные на рис. 2 зоны высокого ВЭП имеют высокую степень достоверности.

Как видно из рис. 2, высокий ВЭП в Крыму имеют Тарханкутский полуостров, западное побережье Чёрного моря от Евпатории на север до Тарханкутского полуострова, а также вся северная часть Керченского полуострова. Территория с определённым высоким ВЭП занимает площадь 2309 км<sup>2</sup> (8,6% территории Крыма). Деся-

той части этой площади достаточно, чтобы разместить ветроэнергетические мощности, которые обеспечат выработку экологически чистой электроэнергии, сопоставимую со спросом на электроэнергию во всём Крыму.

Отметим, что в Крымских горах также имеются площадки с высоким ВЭП. Однако условия

формирования ветровой картины в разных локализациях горной местности существенно неоднородны (влияние рельефа, сквозняков и т.п.), что не позволяет применить описанную методику к указанной территории. Поэтому на карте, приведенной на рис. 2, информация о ВЭП в горных районах Крыма не представлена.

1. INFORSE. *Международная сеть по сбалансированной энергии. Ветроэнергетика Украины: перспектива развития на ближайшие 20 лет.* – К.: ГО "Енергія майбутнього століття", 1999. – 10 с.

2. Р.І. Кінаш., О.М. Буриаєв. *Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси в Україні.* – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1998. – 1152 с.

3. В.Ф. Мартазінова, О.К. Іванова, Т.А. Сологуб, С.О. Кудря, Б.Г. Тучинський. *Оцінка вітропотенціалу України на довгострокову перспективу // Матеріали III Міжнародної конференції "Нетрадиційна енергетика XXI века".* – АР Крым, 2002. – С. 87-90.

4. *План развития энергетики Автономной Республики Крым. Стратегия развития нетрадиционных источников энергии и создание основ для промышленного сотрудничества.* – Симферополь: TACIS, 1999. – 166 с.

5. ГКД 341.003.003.006.2000. *Площадки для вітрових електростанцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру.* – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2000. – 30 с.

6. *Звіт про науково-дослідну роботу "Розробка методики, алгоритмів і програмних засобів оцінки виробітку електроенергії ВЕУ на базі спостережень характеристик вітру".* – К.: МНТЦ вітроенергетики НАНУ, 2003. – 62 с.

7. Ф. Препарата, М. Шеймос. *Вычислительная геометрия: Введение.* – М.: Мир, 1989. – 478 с.