

Р.Х. ГАГИНЯН

## РЕЛЬЕФ АРМЕНИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

На основе фондовых и опубликованных данных 52 метеостанций отобраны те из них, для которых среднегодовое значение скорости ветра больше  $3\text{ м/с}$ . Проведен совместный анализ топографических особенностей рельефа и динамики ветрового режима 23 наиболее перспективных метеостанций. Проводится оценка перспективности развития сетевой ветроэнергетики, а также отмечаются области возможного локального ускорения ветра и указываются зоны, где рекомендуется проводить инструментальные измерения (мониторинг).

Выделены районы по перспективности использования ветра с энергетической точки зрения.

Ограниченность топливных и гидроэнергетических ресурсов Армении, давшая о себе знать особенно в тяжелых для республики условиях современной геополитической и экологической ситуации, принуждает нас возвратиться к поднятым ранее проблемам использования ветровой энергетики с учетом морфологии рельефа, что по отношению к вторгающимся в Армению воздушным массам создает благоприятные условия для образования значительных по силе и продолжительности приземных потоков [1,2]. Глобальному распределению энергии в атмосферных потоках присущ весьма неравномерный и нестабильный характер. Ситуация осложняется в горных регионах, где существенными оказываются местные факторы, приводящие к деформации ветропотоков. К этим факторам относится влияние рельефа, а также местная динамика термических и барических градиентов. С другой стороны, ситуация еще более осложняется тем, что самым доступным источником информации о динамике ветропотоков являются национальные гидрометеорологические службы, информация которых в большинстве случаев ни по расположению, ни по техническому оснащению изначально не предполагала решения вопроса об оценке ветроэнергетического потенциала республики в интересах развития современной ветроэнергетики.

Армения расположена в зоне западно-воздушного переноса ветра. С точки зрения полезного использования энергии ветра наибольший интерес представляют те области, где энергетически наиболее значительный процесс западно-воздушного переноса достигает приземного слоя атмосферы. Вторую по величине энергетически значимую зону в спектральной кривой распределения энергии ветропотока составляют области с характерным потокообразующим рельефом. Известно, что энергия ветропотока зависит от кубической скорости ветра и даже при незначительном постоянном ускорении потока ветра выигрыш в энергии ощутим. Следовательно, в условиях сложной орографии рельефа Армении для адекватной оценки ветроэнергетического потенциала необходимо учитывать морфологические черты рельефа. Гипсометрия и формы рельефа имеют большое значение для правильного размещения ветроэнергетических установок (ВЭУ). Высота гор, а также угол наклона склона влияют на скорость ветра. На изолированных пиках и поднятых высоко в атмосферу хребтах наблюдаются большие, средние и экстремальные скорости в результате малого влияния трения на движение воздуха в свободной атмосфере. Было доказано, что скорость ветра над горными вершинами, как правило, возрастает до

уровня, соответствующего 30% их абсолютной высоты [3]. Таким образом воздушный поток в горах изменяется под воздействием динамических факторов, обусловленных орографией, и термических факторов, в результате чего создается местная циркуляция. Не только меняется направление, но и возникает вертикальное перемещение воздушного потока, с чем и связаны также изменения его скорости. Все это вместе взятое делает наблюдаемое в Армении поле ветра в высшей степени сложным и изменчивым.

Мировой опыт развития ветроэнергетики показывает, что определение характеристик ветропотока базируется в основном на информации о скоростях, направлении и частоте ветра, полученной национальными метеослужбами. Далее, на основе выбранной методики полученные результаты суммируются в единый ветроэнергетический кадастр страны, специально предназначенный для прикладных нужд ветроэнергетики [4]. Однако применение известных методов для оценки ветроэнергетического потенциала Армении оказалось неполным, так как они в основном предназначены для равнинных стран, где не учитывалось влияние рельефа.

Нами была предложена двухэтапная методика определения ветроэнергетического потенциала республики, учитывающая особенности рельефа [5]. На первом этапе проводятся соответствующая обработка многолетней фондовой метеоинформации и предварительная оценка ветроэнергетического потенциала, затем морфологический анализ рельефа отдельных регионов с учетом среднепогодных направлений роз ветров для выявления зон локального ускорения ветропотока. На втором этапе в перспективных зонах проводятся специальные инструментальные наблюдения (ветроэнергетический мониторинг) с целью выявления конкретных площадок строительства ветроэнергетических станций (ВЭС) и определения структуры размещения ВЭУ.

Ввиду большой пересеченности рельефа Армении общее направление воздушных потоков над ним заметно изменяется, что особенно ярко проявляется в пестроте направления ветра в различных частях республики. Различная орографическая защищенность районов вызывает большое разнообразие в направлении и скорости ветров. О направлении ветра представления дают карты роз ветров в атласах Армении [2,6]. Как видно из этих карт, для направления ветра в Армении определяющим является орография. Наличие сложного рельефа республики приводит к большим термическим градиентам между склонами и долинами, сушей и водными поверхностями. В связи с этим возникает местная циркуляция, т.е. горно-долинные ветры, фены и бризы на побережье озера Севан. В районах горно-долинной циркуляции направление ветра не имеет четко выраженного годового хода и определяется направлением долины. В котловинах, окруженных с трех сторон горами и открытых в одну сторону (Талинское плато, Масрикская равнина и т.д.), направление ветра в течение года не меняется. Хорошо выраженный годовой ход ветра отмечается по долинам рек Раздан- Касак- Агстев, Памбак- Дзорагет, Воротан- Арпа- Нахичевань, на побережье Малого Севана. Эти ветры рассматриваются как результат циркуляции атмосферы между долинами Аракс и Кура. На перевалах, где ветропоток заметно сужается, направление и скорость ветра выражены наиболее ярко.

В холодное полугодие, несмотря на влияние рельефа, наблюдается усиление западных и северных ветров. В теплую половину года наоборот, повторяемость западных ветров заметно сокращается, увеличивается повторяемость восточных и южных ветров. Причем зимой, начиная с декабря по март включительно, суточный ход направления ветра в Армении почти не выражен. Летом вследствие усиления местной горнодолинной циркуляции суточный ход направления ветра ярко выражен, особенно в Араратской равнине, Севанском бассейне и т.д.

В высокогорной зоне республики направление общего потока искажается сравнительно мало. С высоты 3000м (3,4% территории республики) западные ветры в течение года составляют значительный процент.

Для энергетических целей необходимо знание числа штилей. Анализ данных показывает, что максимум штилей бывает в низменном и среднегорном поясах, а также в замкнутых котловинах, а минимум - в высокогорном поясе и на перевалах. В метеорологических характеристиках наиболее важным для ветроэнергетики яв-

ляется скорость ветра. Данные, полученные с помощью флюгерных наблюдений, представляют собой весьма общую характеристику, так как они дают приблизительное представление об изменениях структуры ветра как в пространстве, так и во времени. С помощью среднегодовых и среднемесячных величин, а также повторяемости различных скоростей и т.д. нельзя характеризовать изменения воздушного потока. С точки зрения использования энергии ветра практическую значимость имеет мощность ветропотока, заключенная в 100 метровом приземном слое атмосферы. На метеостанциях высота флюгеров установлена до 10 метрового рубежа. Следовательно, в инженерных расчетах ветроэнергетического потенциала необходимо производить коррекцию значения скорости ветра для диапазона высот 10-100 м от поверхности.

Информационную основу проведенных работ составили фондовые и опубликованные данные метеоинформации из 52 станций [7,8]. Из этого количества были отобраны те метеостанции, для которых среднемноголетняя скорость ветра больше

3 м/с. На основе информации, полученной за 5 лет (1980-1985 гг.), выделены наиболее перспективные участки с точки зрения ветроэнергетики. Для выработки электроэнергии в промышленно значимых масштабах наиболее перспективными областями являются районы с развитой горнодолинной циркуляцией. Особенно перспективны седловины перевальных хребтов, разделяющие обширные районы с различными климатическими особенностями. Здесь многолетняя среднегодовая скорость ветра колеблется 6-12 м/с, среднее число дней с сильным ветром превышает 300 дней в году.

Нами проведен совместный анализ топографических особенностей рельефа и динамики ветрового режима 23 наиболее перспективных метеостанций как областей непосредственно примыкающих к рассматриваемым метеостанциям, так и более обширных регионов, не охваченных сетью метеостанций. Результаты анализа послужили основанием к составлению комментариев относительно перспективности развития сетевой ветроэнергетики в том или ином районе республики. Составлены картосхемы рассматриваемых метеостанций, охватывающие

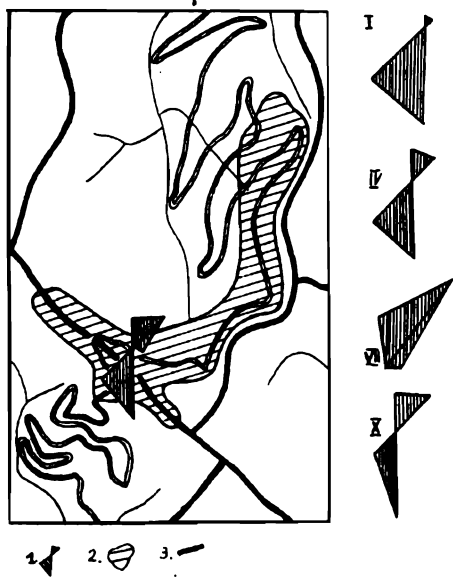


Рис. 1. Роза ветров метеостанции "Пушкинский перевал":

- 1- среднемноголетняя повторяемость направления ветров, справа от карты - среднесезонная; 2- зона репрезентативности метеостанции; 3- основные водоразделы.

которые непосредственно прилегающие к данной метеостанции территорию, основой для которых послужили топокарты масштаба 1:25000. На картосхемах указаны водоразделы хребтов, дороги, линии электропередач, зоны репрезентативности и т.д. На точках расположения метеостанций наложены направления роз ветров, построенных по многолетним данным наблюдений. Вне картосхем приведены среднесезонные направления роз ветров. Проводится оценка перспективности развития сетевой ветроэнергетики в районе непосредственного расположения данной метеостанции, вблизи пределов зоны репрезентативности последней. Оценивается также репрезентативность расположения самой метеостанции в пределах более обширного района с точки зрения оценки технического ветроэнергетического потенциала. Отмечаются области возможного локального ускорения ветра благодаря топографическим особенностям рельефа и указываются зоны, где рекомендуется проводить инструментальные измерения (мониторинг). Наконец, анализируя геоклиматические и топографические особенности района в целом, выделяются перспективные области развития сетевой ветроэнергетики, выпавшие из поля зрения сети метеостанций.



Для примера приведены данные, полученные для метеостанции "Пушкинский перевал" (рис. 1). Метеостанция расположена на седловине перевала Базумского хребта, на высоте 2066 м. Преобладающим направлением в осенне-зимний период являются южные и юго-западные ветры, а в весенне-летний - северо- и северо-восточные. Среднегодовая скорость ветра составляет 6,46 м/с. Зона репрезентативности вытянута в близширотном направлении главного водораздела Базумского хребта и частично в близмеридиональном направлении на площади 1,1 км<sup>2</sup>. Само расположение метеостанции репрезентативно для выбора перспективных площадок установки сетевых ВЭУ, поскольку станция расположена на седловине перевала и открыта со всех румбов. Орографические и климатические особенности Пушкинского перевала и более широко - зона водораздела Базумского хребта до Карахачского перевала перспективны для развития сетевой ветроэнергетики.

На рис. 2 показаны продольные профили водораздельного хребта по метеостанции "Пушкинский перевал", а также профили преобладающих направлений ветров и поперечный профиль Базумского хребта в 250 м СЗ от метеостанции. По оси абсцисс указаны местоположения метеостанций и дорог, а также углы наклона профилей. Во врезке дана картосхема района. Участок седловины перевала с небольшими уклонами (до 10°), имеющий длину 600 м и ширину 50-100 м, благоприятен для строительства ВЭС. Анализируя характер преобладающих направлений ветропотока и учитывая ширину пологого участка седловины Пушкинского перевала, можно заключить, что предполагаемая ВЭС должна состоять из 10-14 ВЭУ, расположенных преимущественно в одну линию, но фронтально к преобладающему направлению ветропотока. На протяжении участка седловины шириной около 100 м возможно расположение ВЭУ в два ряда в шахматном порядке.

Результаты проведенных работ привели нас к выводу, что, несмотря на многообразие рельефа, суточного и сезонного хода скорости ветра, в республике по перспективности использования ветра с энергетической точки зрения можно выделить следующие районы.

1. Районы расположения метеостанций, перспективные для использования сетевых ВЭУ. К ним относятся станции "Сисианский перевал", "Пушкинский перевал", "Ератумбер", "Кочбек", "Севан-озерная", "Арагац-высокогорная".

2. Районы республики, не охваченные существующей сетью станций, которые перспективны для размещения сетевых ВЭУ. К ним относятся Базумский хребет, между перевалами Пушкинский и Карахач, отдельные районы бассейна оз. Севан и Арагацкого массива, Джавахетский, Гегамский, Вайкский, Зангезурский хребты, участки Варденисского хребта в районе Сулемского перевала и Ширакского хребта в районе Джаджурского перевала.

3. Районы республики, о перспективности которых можно судить лишь после проведения специальных инструментальных измерений (мониторинг).

4. Районы республики, неперспективные с точки зрения развития сетевой ветроэнергетики. К ним относятся большая часть Араратской котловины, Ширакского и Лорийского плато, СВ районы Армении.

*Кафедра геоморфологии и картографии*

*Поступила 9.04.1996*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Багдасарян А.Б. Ветры Армении и возможности их энергетического использования. - Изв. АН Арм. ССР, сер. геогр. и геол. наук, 1958, №4, с. 51-55.
2. Атлас Армянской ССР. Изд-во Ер. М., 1961.
3. Роджер Г. Барри. Погода и климат в горах. Л.: Гидрометеониздат, 1984, 245с.
4. Хачатрян В.С., Марджанян А.А. Современное состояние развития ветроэнергетики. Ветроэнергетический потенциал Армении. Ер., 1984, 95с.

5. Григорян А.А., Гагния Р.Х., Марджавян А.А. Оценка рельефа Армении с точки зрения использования ветра. - В кн.: Инженерная география, инженерно-геоморфологические аспекты. Вологда, 1993, т.1, с. 96-98.
6. Атлас природных условий и естественных ресурсов Арм. ССР. Климат. Ер., 1975. .
7. Справочник по климату. Ветер. Арм. ССР. Л.: Гидрометеониздат, 1967, в.16, 182с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-7. Арм. ССР. Л.: Гидрометеониздат, 1989, в.16, 365с.

Ռ.Խ. ԳԱԳԻՆՅԱՆ

## ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՌԵԼԻԵՖԸ ԵՎ ՀՈՂՄԱԷՆՆԵՐԳԵՏԻԿԱԹԻ ՀԱՄԱՐ ԳՐԱ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

### Ա մ փ ո փ ու մ

Տպագրված և ֆոնդային աշխատանքների հիման վրա Հայաստանի տարածքի 52 օղերկութաբանական կայաններից առանձնացվել են այնպիսիք, որոնցում քամու միջին տարեկան արագությունը գերազանցում է 3 մ/վ: Կատարվել է 23 առավել հեռանկարային կայանների ռելիեֆի տոպոգրաֆիական առանձնահատկությունների և քամու ռեժիմի ընթացքի համատեղ վերլուծություն և գնահատվել է հողմաէներգետիկայի զարգացման հեռանկարայնությունը: Առանձնացվում են քամու տեղային արագացման հնարավոր շրջանները և նշվում են զոնաներ, որտեղ առաջարկվում է կատարել գործիքային չափումներ (մոնիտորինգ):

Նախնական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ Հայաստանում հողմային հոսքի առավել բավարար ցուցանիշներ ունեն լեռնանցքները:

Հողմաէներգետիկայի տեսանկյունից քամու հեռանկարային օգտագործման նպատակով առանձնացվում են մի շարք շրջաններ: