

УДК 621. 548 ( 81237 ). ББК 31

## ОСОБЕННОСТИ ГОРНО-ДОЛИННЫХ ВЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ В НАХЧЫВАНСКОЙ АР

**Махбуб Гашим оглы Казимов**

Нахчыванское отделение Академии Наук Азербайджан

E-mail: mahbubkazimov@yahoo.com

*В статье показаны результаты научных исследований горно-долинных ветров в Нахчыванской АР. Рассмотрены особенности горно-долинных ветров, в зависимости от сложных географических условий региона. Анализирована динамика потер скорости ветрового потока при зигзагообразном обтекании через горных ущелий и узких проходов и влияние этих потер на характеристику ветрового потока. Показаны результаты научных исследований по определению имеющийся ветрового потенциала Нахчыванской АР.*

**Ключевые слова:** ветровой поток, рельеф местности, горно-долинные ветры, давление, плотность воздуха, скорость ветра, высота.

**Mahbub Kazimov** Nakhchivan Branch of Azerbaijan National Academy

E-mail: mahbubkazimov@yahoo.com

Нахчыванская Автономная Республика занимает южную часть Кавказского перешейка и расположена на юге Азербайджанской Республики, между  $38^{\circ}51'$  -  $39^{\circ}52'$  северной широты и  $44^{\circ}37'$  -  $46^{\circ}13'$  восточной долготы, на оконечности юго-западного склона Малого Кавказа. Особенности Нахчыванской АР является её уникальное физико-географическое расположение, рельеф местности.

Территория Нахчыванской АР расположена в котловине. Дно котловины раскинулось в предгорьях Даралаязского и Зангезурского хребта на высоте  $750 \div 900$  м. н.у.м. Почти 70 % территории Нахчыванской АР лежит на высоте более 1000 м.

В связи с тем, что территория Нахчыванской АР расположена в котловине, как летом, так и зимой ветры имеют горно-долинный характер. Днем дуют ветры с долин к горам, а вечером и ночью с гор к долине. Эти ветры вследствие воздействия горного рельефа имеют извилистую форму вследствие нисходящего движения воздуха по склону извилистых горных хребтов. Такой сток воздуха на территории Нахчыванской АР выражено столь резко, что климат Нахчыванской АР называют резко континентальным. Так как ночная температура отличается от дневного на  $10^{\circ}\text{C}$  -  $15^{\circ}\text{C}$ .

В Нахчыванской АР в связи с географическими особенностями региона местные ветры отличаются частой повторяемостью. Особое влияние на ветровой режим оказывает изрезанность и характер рельефа, такие как абсолютные и относительные высоты, закрытость и открытость участков, формы склонов. Увеличение скорости ветра происходит в узких ущельях (г. Джульфа), ориентированных вдоль направления ветра. Ослабление ветра имеет место в долинах, где линии тока расходятся. Когда массы воздуха из Аразской долины стремятся выйти через узкую проход в районе г. Джульфа на сторону г.Ордубада, то ветер усиливается в зависимости от ширины долины и узости выхода. В зависимости от ширины долины и узости выхода ветер может усиливаться до штормового. Это обусловлено от крутизны склонов, от ширины долины, ветровым давлением со стороны долины к ее выходу. Такие ветры возникают около г. Джульфа.

В результате нагрева и охлаждения атмосферы, горно-долинные ветры днем дуют зигзагообразными ущельями и каньонами по направлению на склоны гор, к вечеру начинаются ветры со склонов гор вниз. Максимальная скорость горно-долинных ветров на вершины гор и обратно зависит от ширины, глубины и формы склона каньона [4].

Горно-долинные ветры также играют роль вентиляции. Прогоняя и рассеивая из долин и ущелий накопившийся в них загрязняющих веществ, застаивающийся воздух эти ветры способствуют самоочищению приземного слоя атмосферы в Нахчыванской котловине.

Ветровой поток, двигаясь зигзагообразно по ущельям и каньонам, встречает на своём пути препятствие и отдает часть своей энергии этому препятствию. При этом, обтекая зигзагообразно через эти препятствие, ветровой поток отклоняется горными склонами и в узких проходах ущелий скорость ветрового потока меняется [1].

Окружающие Нахчыванскую АР горы оказывают тормозящее действие на вращательное движение атмосферы. Наличие невысоких гор внутри котловины (Велидаг, Ардыч, Кюкюдаг, Гейдаг, Иланлыдаг, Дарыдаг, Ордубаддаг и т. д.) способствуют изменению направления и скорости ветра, что происходит в результате обтекания этих гор воздушными потоками. Горные рельефы с многочисленными препятствиями создают значительные трение и сильно замедляют скорость ветра (Рис.1.):

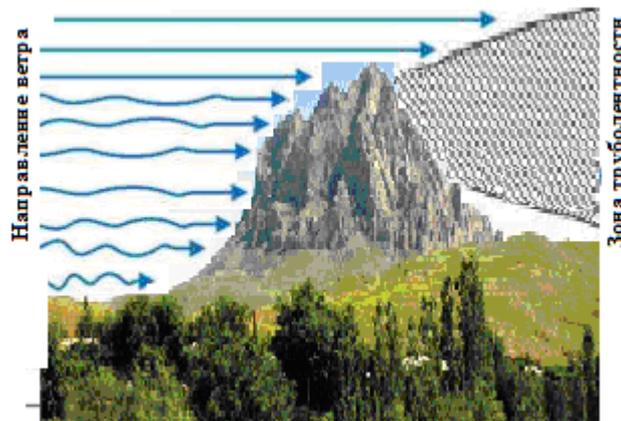
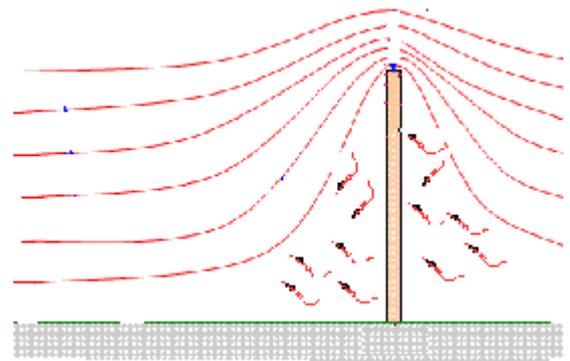


Рис.1. Возникновение турбулентной силы в горе Иланлыдаг.

На пути ветрового потока искусственно созданные препятствие способствуют возникновению турбулентности, вихрей и видоизменению циркуляции воздуха данной местности (Рис. 2.):



а). Скала на пути ветрового потока



в). Искусственная стена на пути ветрового потока

Рис.2. Возникновение турбулентной силы

При эффективном сопротивлении препятствия замедляется горизонтальный ветровой поток и увеличивается вертикальная скорость ветрового потока и происходит деформация воздушного потока. Вертикальные движения ветрового потока в горном рельефе бывает значительно больше, чем на открытой местности. Горизонтальные скорости ветрового потока ( $V$ ) находим по формуле:

$$V = V_h (1 - K_3)$$

Где:  $V_h$  – скорость вертикального движения ветрового потока;

$K_3$  – коэффициент замедления скорости ветрового потока.

Коэффициент замедления  $K_3$  учитывает высоту, ширину и формы ущелья.  $K_3$  находим по формуле:

$$K_3 = \sqrt{C_{сп} + 0.5 \cdot C_{ch} \cdot (1 - \eta) \cdot \rho_B \cdot \sum \frac{h}{b}}$$

Где:  $C_{сп}$  и  $C_{ch}$  – коэффициенты сопротивления поверхности земли и склонов ущелий.

$C_{сп} = 0.003$  и  $C_{ch} = 0.6$ ;

$\rho_B$  – плотность ущелья;

$h, b$  – средняя высота и ширина ущелья;

$\eta$  – проницаемость ветра на ущелья.

В Нахчыванской АР зимой горы являются «холодильниками». Окруживший Нахчыванской котловины горная цепь оказывает задержку холодного воздуха и это приводит к усилению роста давления, который идет от горы в сторону низкого давления. Это приводит к возрастанию скорости ветра и созданию турбулентности воздушного потока и созданию вихря.

Скорость воздуха в турбулентном потоке определяем по формуле:

$$U = U_{сп} + U_1 = 100 \text{ м/с} + 0.5 \text{ м/с}.$$

Где:  $U$  – скорость воздуха в турбулентном потоке (м/с),

$U_{сп}$  – средняя скорость воздушного потока за определенное время (м/с);

$U_1$  – пульсации воздуха (м/с). Для расчета на каждый 100 м/с прият  $U_1 = 0.5 \text{ м/с}$ .

В турбулентном движении ветра наблюдается непрерывное перемещение струйки воздуха во все направления, что требует большего количества энергии для поддержания беспорядочного вихревого движения.

Неровность поверхности земли имеет существенное значение. Равнинная территория позволяет ветровому потоку легче смешиваться с турбулентным потоком, образующимся позади препятствия.

Перепады высоты в горах существенно влияют на движение ветра. Даже небольшие перепады высоты вызывают перепады в скорости ветра. В результате движение воздушного потока становится турбулентным и остается таким же на определенном расстоянии даже на равнине.

В турбулентном потоке наблюдается непрерывное беспорядочное вихревое движения воздуха во всех направлениях, что требует большего количества энергии и создается большее сопротивление воздушному потоку [6].

Согласно закону сохранения энергии, масса воздушного потока протекающего через ширину каньона, равна массе данного потока, протекающего в широкую долину:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2} = \text{const}$$

Где:  $m_1$  – масса воздушного потока;

$F_1$  – ширина ущелья или каньона;

$m_2$  – масса данного потока протекающего в широкую долину;

$F_2$  – ширина долины.

Из формулы видно, что скорость воздушного потока обратно пропорциональна площади поперечного сечения ущелья и наоборот [3].

Скоростной напор воздушного потока протекающий через ширину ущелья или каньона, определяем по формуле:

$$q = \frac{\rho V^2}{2}$$

Где:  $q$  – скоростной напор воздуха (кгс/м<sup>2</sup>);

$\rho$  – плотность воздуха;

$V$  – скорость воздушного потока.

Значение силы напора воздушного потока определяем по формуле:

$$X = c_x \frac{\rho S}{2} V^2$$

Где:  $\rho$  - плотность воздушного потока;

$S$  - площадь поперечного сечения ущелья или каньона м<sup>2</sup>;

$V$  - скорость ветрового потока м/с;

$c_x$  – коэффициент силы лобового сопротивления препятствия.

Кинетической энергии воздушного потока ( $E_{кин}$ ) определяем по формуле:

$$E_{кин} = \frac{mV^2}{2},$$

Где:  $m$  – масса воздуха, кгс с/м<sup>2</sup>;

$V$  – скорость воздушного потока, м/с.

Потенциальной энергии воздушного потока  $E_p$  определяем по формуле:

$$E_p = P F S$$

Где:  $P$  - давление воздуха, кгс/м<sup>2</sup>;

$F$  - площадь поперечного сечения воздушного потока, м<sup>2</sup>;

$S$  - путь, пройденный 1 кг воздушного потока через данное сечение, м.

Ветер непрерывно изменяется и среднюю мощность воздушного потока, проходящего через площадь поперечного сечения ущелья или каньона в определенном пределе времени находим по формуле:

$$W = \frac{\rho \cdot v^3 \cdot F}{2}$$

Где:  $\rho$  – плотность воздуха;

$F$  - площадь поперечного сечения ущелья или каньона, м<sup>2</sup>;

Потенциальная энергия воздушного потока  $E_p$  определяется по формуле:

$$E_p = P F S$$

Где:  $P$  - давление воздуха, кгс/м<sup>2</sup>;

$F$  - площадь поперечного сечения воздушного потока, м<sup>2</sup>;

$S$  - путь, пройденный 1 кг воздушного потока через данное сечение, м.

Изменения массовой и весовой плотности воздуха Нахчыванской котловины в зависимости от его температуры и давления до высоты 3 км показаны в таблице 1:

Таблица 1

№	Название районов	Высота Н (н.у.м.)	Давление мм. рт. ст.	Плотность кгс <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>
1	город Нахчыван	850	700.0	1.16

2	Шарурский район	800	710.0	1.18
3	Бабекский район	850-1000	700.0 -675.0	1.16 -1.13
4	Джюльфинский район	1000-2000	675.0 -600.0	1.13 -1.03
5	Шахбузский район	1500-3000	635.0 -530.0	1.08 -0.93
6	Ордубадский район	1500-3000	635.0 -530.0	1.08 – 0.93

S - путь, пройденный 1 кг воздушного потока через данное сечение, м;

При измерении скорости и направления ветра В Нахчыванской АР выяснилось, что наибольшее значение и продолжительность средней скорости ветра имеется в городе Шахбузе, в селе Биченек Шахбузского р-на, в городе Джюльфе и в селе Агдере Ордубадского р-на. Достаточные запасы ветра имеются в селе Кюкю и в перевале Батабат Шахбузского района, в селе Тиви и в селе Котам Ордубадского района и горных хребтах Иланлыдага Джюльфинского района.

Среднегодовая скорость ветра на территории Нахчыванской АР за 2015 год показано в таблице 2:

Таблица 2

№	Название районов	Среднемесячные скорости ветра, м/сек.											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	г.Нахчыван	4.03	6.7	7.06	9.06	11.5	13.1	12.2	12.8	11.9	6.0	7.7	5.3
2	г. Джюльфа	9.1	11.75	12.6	15.0	11.8	14.2	12.75	18.1	13.5	12.4	14.7	10.0
3	г. Шарур	2.84	4.25	7.5	5.2	5.8	6.1	8.3	5.75	5.7	3.5	4.5	3.5
4	г. Шахбуз	8.0	10.8	11.0	14.6	10.1	13.1	11.7	18.0	11.5	11.0	15.5	10.1
5	с. Биченек (Шахбуз)	6.9	6.7	7.7	7.7	6.8	7.9	10.6	10.0	8.3	6.5	5.3	6.7
6	с. Агдере (Ордубад)	6.1	6.3	8.2	6.1	8.3	7.1	6.3	6.0	6.5	5.2	7.1	5.4

В мире стандартом энергии ветра принимают данные Датской ассоциации. Исходя из этого нами были рассчитаны значения энергии ветра для районов Нахчыванской АР [2] таблица 3.

Таблица 3

Скорость ветра	Стандарт	Бабекский район	Джюльфинский район	Шахбузский район	Ордубадский район	Шарурский район
м/с	Вт/м <sup>2</sup>	Вт/м <sup>2</sup>	Вт/м <sup>2</sup>	Вт/м <sup>2</sup>	Вт/м <sup>2</sup>	Вт/м <sup>2</sup>
1	1	0.6	0.54	0.5	0.5	0.6
3	17	15.5	14.5	14	13	16
5	77	71	67	64	61	73
9	477	416	390	375	354	423
11	815	759	712	685	646	772
15	2057	1924	1806	1738	1637	1958
18	3572	3324	3120	3004	2829	3383
21	5672	5279	4955	4770	4492	5362
23	7452	6935	6509	6266	5901	7057

На рис.3 показаны гистограммы повторяемости сколько времени и с какой скоростью в году дул ветер за 2015 год по районам Нахчыванской АР. Гистограммы скоростей ветра позволяет представить распределение скоростей ветра по сезонам года:

1. – г. Нахчыван:

2. – г. Джюльфа:

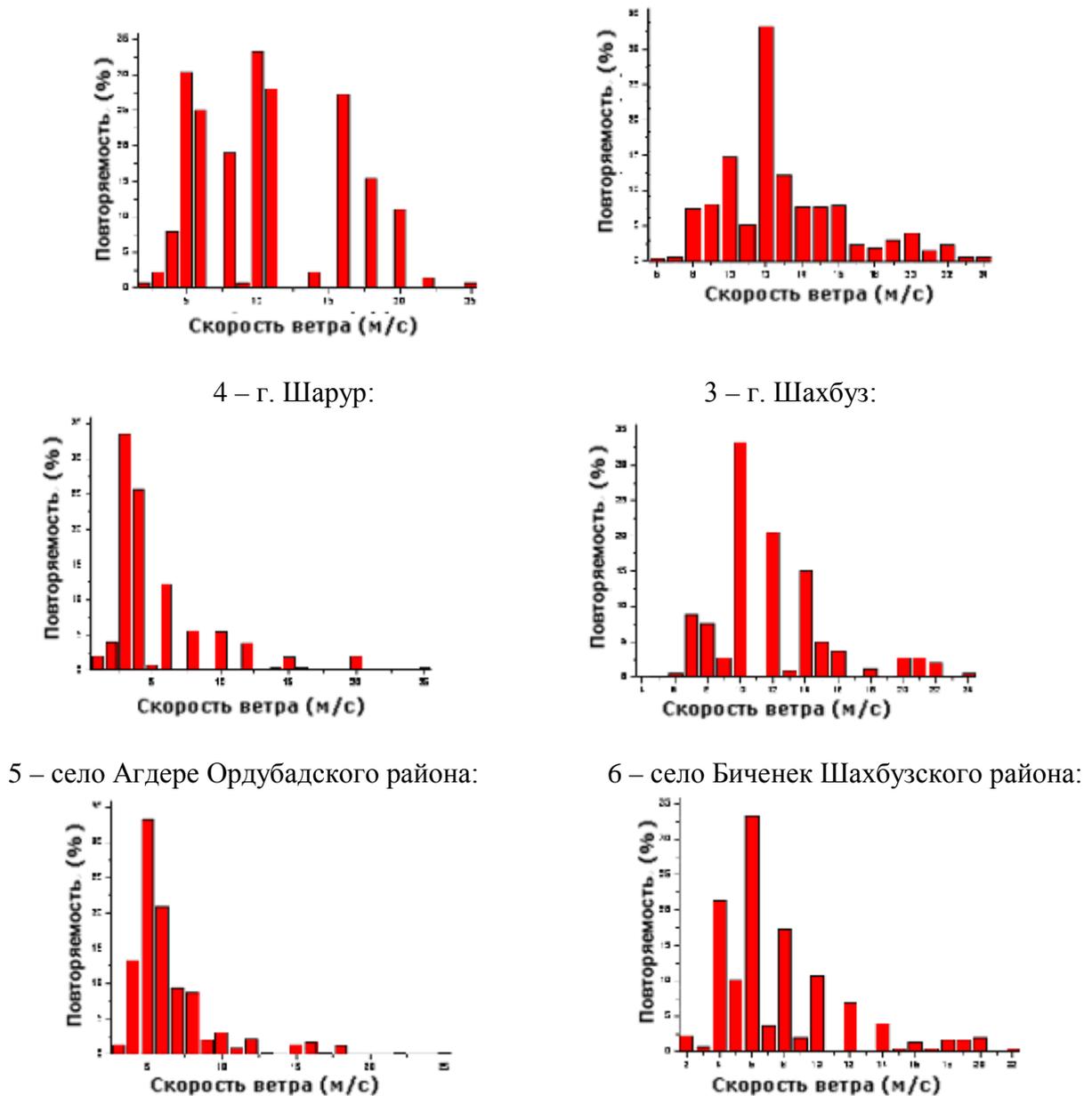


Рис.3. Гистограммы повторяемости скорости ветров по районам Нахчыванской АР.

Из гистограмм видно, что наибольшее значение и продолжительность средней скорости ветра имеется в городе Шахбуз, селе Биченек, городе Джульфе, и в селе Агдере. Достаточные запасы ветро энергетического потенциала имеются в селе Кюкю и перевале Батабат Шахбухского района, в селе Тиви, село Котам и горных хребтах Ордубадского района, горных хребтах Иланлыдага Джульфинского района.

Нами был проведен зонирование ветрового потенциала на территории Нахчыванской АР [5] (Рис.4):

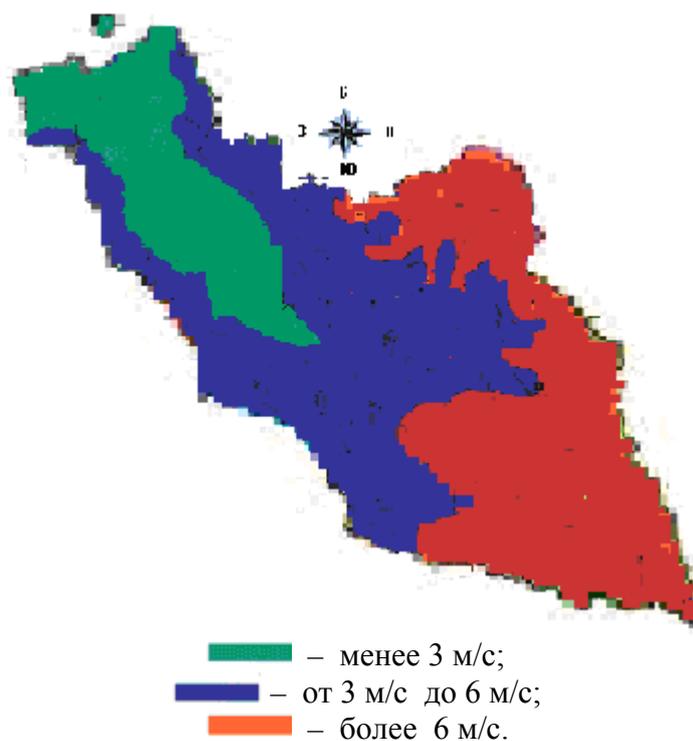


Рис.4. Зоны ветрового потенциала Нахчыванской АР.

Использование энергии ветра в Нахчыванской АР поможет решить многие проблемы энергоснабжения удаленных объектов. Население отдаленных горных сёл нуждаются в надёжной поставке электроэнергии и горы предоставляют много возможности для использования альтернативных источников энергии, использование которые, на данный момент в Нахчыванской АР полностью не реализованы.

#### **Выводы:**

1. Рассмотрены особенности горно-долинных ветров в зависимости от высоты, плотности, давления, рельефа местности и географической особенности Нахчыванской котловины.
2. Анализировано динамика потер скорости ветрового потока при встрече на своём пути разных препятствий и влияние этих потер на характеристику ветрового потока.
3. Показаны результаты научных исследований ветроэнергетического потенциала Нахчыванской АР, который имеет сложный географический рельеф.

#### **Литература**

1. Абдрахманов Р.С., Переведенцев Ю.П. Возобновляемые источники энергии, Казань.- Изд. Казанского Университета.- 1998, с. 120 - 134.
2. Дробышев А.Д. Учет климатических характеристик скорости ветра для оптимизации режимов работы ветроэнергетических установок, Сиб. НИИ, 1997, Вып. 80, с. 11 - 21.
3. Долгоульский А., Сайдамаев Э. Альтернативные источники энергии, Кыргызский ГТУ, 2008, с. 3 - 10.
4. Ренз Д. Ветроэнергетика. Москва 1982, с. 10 - 25.
5. Казымов М.Г. Ветровые ресурсы Нахчыванской АР Азербайджанской Республики, Международный научно-технический журнал “Альтернативная энергетика и экология”, 2012, № 1, с.108 - 112.
6. Курилов Ю.М. Альтернативные источники энергии, доклад, 2008, 10 с.