



Таблица 2

**Фазы развития и метеопараметры зерновых культур за вегетационный период 2002 года (ст. Саратов ЮВ)**

Культура	Фазы развития					Урожайность, ц/га
	Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
Озимая пшеница	26 августа	8 апреля	30 апреля	26 мая	16 июля	47,4
Яровая пшеница	19 апреля	17 мая	27 мая	18 июня	1 августа	10,5
Просо	28 мая	24 июня	8 июля	21 июля	30 августа	13,3
Метеопараметр	Температура, °С	Осадки, мм	Температура, °С	Осадки, мм	Температура, °С	Осадки, мм
Месяц	Апрель		Май		Июнь	
1-я декада	3,2	33,4	15,5	0,0	17,1	11,3
2-я декада	8,4	0,0	12,4	0,8	19,4	19,3
3-я декада	11,2	19,3	12,8	10,1	20,3	9,1

пыльца не отлетает от пыльников и в конечном итоге урожайность снижается.

Исследования показали, что из трех зерновых культур самая слабая – яровая пшеница. Озимая пшеница относится к гарантированным культурам и дает высокий урожай почти каждый год. Просо – наиболее засухоустойчивая культура, которая хорошо использует осадки второй половины лета и дает относительно высокий урожай.

Увеличение производства зерна является ключевой задачей интенсификации сельского хозяйства. Для получения высоких и устойчивых урожаев, а также для проведения важных народнохозяйственных мероприятий большое значение

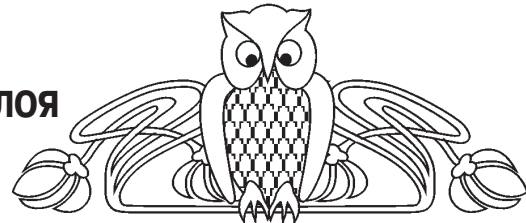
имеет подбор культур и сортов, а также особенности агротехнических приемов возделывания зерновых культур.

**Библиографический список**

1. Пряхина С. И., Гужова Е. И., Смирнова М. М. Климатические риски в сельскохозяйственном производстве и пути их преодоления // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 35–41.
2. Деревянко А. Н. Погода и качество зерна озимых культур. Л., 1989. 127 с.
3. Ермакова Л. Н., Ермаков В. М. Агрометеорология : учеб. пособие. Пермь, 2004. 222 с.

УДК 551.55

## ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



А. Б. Рылов

Саратовский государственный университет  
E-mail: kafmeteo@mail.ru

Реализована оригинальная методика оценки ветроэнергетического потенциала на различных высотах приземного слоя атмосферы по наземным данным. Построены карты географического распределения среднего годового полного куба скорости ветра на юго-востоке европейской территории России (ЕТР). Выполнен анализ его пространственного изменения по региону.

**Ключевые слова:** скорость ветра, мощность, ветроэнергетический потенциал, особенности, распределение.

### Wind Energy Potential at Different Altitudes of the Surface Atmospheric Layer in the South-east of European Russia

А. В. Rikhlov

Implemented the original methodology of assessment of the wind energy capacity at different altitudes of the surface layer of the

atmosphere from the ground-based data. Maps of geographical distribution of average annual complete the cube of the wind speed in the South-East of European Russia. Analysis of its spatial changes in the region.

**Key words:** wind speed, power, wind power, potential, features, distribution.

Удельная мощность ветрового потока  $N$  (мощность в единицу времени на единицу площади) определяется выражением

$$N = \frac{1}{2} \rho v^3, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха,  $v$  – скорость ветра. Из уравнения (1) следует, что удельная мощность ветрового потока пропорциональна кубу скорости ветра и в силу этого она значительно возрастает даже при небольшом усилении ветра. Например,



при усилении скорости ветра в 2 раза мощность возрастает в 8 раз. В частности, отсюда следует, что для оценки средней удельной мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) и количества вырабатываемой ими энергии необходима надежная информация о повторяемости различных скоростей ветра в предполагаемом районе их установки на уровне оси ветроколеса.

Эта же особенность не позволяет оценивать среднюю за какой-либо отрезок времени (месяц, год) удельную мощность ветрового потока и использовать ее для расчета величины вырабатываемой ВЭУ энергии, зная только среднюю скорость ветра. Поэтому среднюю удельную мощность  $\bar{N}$  необходимо рассчитывать во всем диапазоне возможных скоростей ветра как

$$\bar{N} = \frac{1}{2} \bar{\rho} \int_0^{\infty} f(v) \cdot v^3 dv, \quad (2)$$

где  $f(v)$  – дифференциальная функция распределения скоростей ветра. Ввиду большой изменчивости ветра во времени и пространстве полученные оценки средних значений удельной мощности следует относить лишь к тому пункту и высоте, где произведены метеорологические наблюдения.

Поиск вида функции  $f(v)$  – одна из важнейших задач. В качестве таких функций ранее использовались различные теоретические законы распределения скоростей ветра, имеющих свои достоинства и недостатки: нормальный, логнормальный, Максвелла, Вейбулла – Гудрича и др. Рассмотрев различные аппроксимирующие выражения, рекомендованные для выравнивания распределения скоростей ветра по всей совокупности наблюдений в [1–3], установлено, что по значениям критериев Колмогорова и Пирсона лишь распределение Вейбулла – Гудрича не противоречит гипотезе соответствия эмпирическому скоростному режиму.

Несмотря на достоинства распределения Вейбулла – Гудрича, ему присущ недостаток, связанный с изменением параметров распределения от месяца к месяцу и от станции к станции. В этой связи в [4, 5] поставлена и решена задача по разработке методов совмещения распределений скоростей ветра во времени и обобщения их в пространстве, позволивших получить по всем областям региона одно уравнение, воспроизводящее ветровой режим в любой точке рассматриваемой территории по средним значениям скорости ветра. Сведения о последних по большому числу метеостанций содержатся в справочниках по климату [6, 7]. Обобщенное уравнение распределения скоростей ветра на юго-востоке ЕТР, к которой относятся, прежде всего, Калмыкия, Астраханская, Волгоградская, Саратовская, Пензенская, Самарская и Ульяновская области, имеет вид

$$P(V \geq v) = \exp \left[ -0.88 \left( \frac{v}{\bar{v}} \right)^{1.37} \right]. \quad (3)$$

Для восстановления режима ветра в каком-либо пункте и на произвольной высоте оси ветроколеса необходимо знание лишь средней скорости ветра на ее уровне.

Разработанные в [1–5, 8] статистические модели климатологического режима ветра и оценки ветроэнергетических ресурсов на произвольном уровне 150-метрового слоя атмосферы представлены системой уравнений. Входным параметром в эту систему является средняя месячная или средняя годовая скорость ветра.

Известно, что скорость ветра в приземном слое воздуха существенно изменяется на близких расстояниях под влиянием неоднородностей подстилающей поверхности, особенно рельефа и крупных водоемов. Методы пространственной интерполяции скорости ветра в условиях неоднородной подстилающей поверхности, разработанные в ГГО [9], позволяют с большой точностью прогнозировать пространственные изменения средних скоростей ветра на основе данных метеостанций, морфометрического анализа местности и обобщенных данных о коэффициентах изменения скорости ветра в зависимости от типа местоположения и формы рельефа.

Для построения карт географического распределения ветроэнергетических характеристик данные по метеостанциям необходимо привести к сравнимым условиям. Ими могут быть условия открытой ровной местности и высота 10 м от земли. Приведение наблюдаемой средней многолетней скорости ветра  $v$  к сравнимым условиям нами выполнено с помощью поправочных коэффициентов на открытость ветроизмерительного прибора  $k_1$  и фактическую высоту его установки  $k_2$ :

$$\bar{v} = vk_1k_2, \quad (4)$$

где  $\bar{v}$  – средняя многолетняя скорость ветра, приведенная к сравнимым условиям.

В России для учета условий открытости площадок метеостанций на местности обычно используют классификацию В. Ю. Милевского [10, 11]. Она позволяет учитывать не только форму рельефа (выпуклая, плоская, вогнутая), наличие затеняющих элементов (зданий, построек, деревьев), но и присутствие водных поверхностей (озера, моря, океана). В классификации открытости местоположения ветроизмерительного прибора, по В. Ю. Милевскому, определенному классу открытости в данных условиях атмосферной циркуляции соответствуют определенные средние годовые скорости ветра и вероятность их различных значений. По результатам исследований скоростей ветра в средней полосе ЕТР методическим отделом ГГО получены связи между классами метеостанций и скоростными характеристиками ветра [11].

В качестве поправочного коэффициента на открытость  $k_1$ , учитывающего переход от фак-



тических условий местоположения к условиям открытой ровной местности, для которой  $k_1=7$ , нами использовано выражение

$$k_1 = \frac{7}{\sum k_i p_i} \quad (5)$$

где  $k_i$  – класс открытости метеостанции в направлении  $i$ -го румба;  $p_i$  – повторяемость ветров этого румба. Оно показывает, что если фактические условия открытости станции хуже, чем условия открытой ровной местности ( $\sum k_i p_i < 7$ ), то поправочный коэффициент  $k_1 > 1$ , и наоборот.

На рассматриваемой территории на большинстве метеостанций класс открытости составляет 6–8 баллов, что соответствует отдельным элементам затененности ниже высоты флюгера, слабо деформирующим ветровой поток. В Волгоградской области примерно по трети станций расположены как на выпуклых, так и вогнутых формах рельефа. Это может приводить к большей пестроте средних скоростей ветра и их изменчивости по территории, связанной с влиянием рельефа. Ряд метеостанций Астраханской области расположены на островах в устье Волги и Каспийском море (Укатный остров, Дамчик, Чистая Банка) – здесь класс открытости по всем направлениям горизонта или части из них повышается до 10, а это обуславливает усиленный ветровой режим под влиянием водоема. Вместе с тем, достаточно большое число метеостанций Астраханской области и Калмыкии расположены на местности с классом открытости 6–8 баллов.

Как показывают наши расчеты, величина общего поправочного коэффициента  $k_1$  складывается не только из класса затененности в направлении определенного направления, но и повторяемости ветров данного румба. В ряде мест, несмотря на наличие в отдельных сторонах горизонта элементов затененности выше флюгера, повторяемость этих направлений незначительна и общий коэффициент невелик. Анализ полученных коэффициентов на защищенность местоположений метеостанций показал, что для отдельных местоположений они оказались исключительно высоки – 1,3–1,6, в соответствии с чем наблюдаемые средние скорости ветра необходимо значительно увеличивать. Поскольку таких метеостанций менее 10% от привлеченных к исследованию, для недопущения крайних погрешностей оценки ветроэнергетического потенциала и изучения его географического распределения, они исключены из анализа.

На метеостанциях региона регистрирующие приборы (флюгеры и анемометры) располагаются на высотах от 6 до 18 м. Для приведения скоростей ветра к одной высоте (за нее принят уровень 10 м) воспользуемся формулой  $k_2 = \left(\frac{10}{h}\right)^m$ . Величина параметра  $m$  находится по формулам, приведенным в [3–5, 8]. По большинству метеостанций поправочный коэффициент на высоту изменяет среднюю скорость ветра всего на несколько десятых долей метра в секунду. Расчеты показывают,

что отличие высоты ветроизмерительного прибора на  $\pm 2$  м от уровня 10 м изменяет среднюю скорость ветра всего на 0,1 м/с, поэтому в этом диапазоне данную поправку можно не вводить.

С использованием изложенных подходов была подготовлена соответствующая информационная база и построены карты географического распределения средней годовой и полного среднего куба скорости ветра  $v^3$  на разных уровнях – 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130 и 150 м – над земной поверхностью (рис. 1–3). В данной работе они приведены для уровней 10 и 110 м (см. рис. 2–3). Карты построены с применением геоинформационных систем, в пакет которых входит программа Mapinfo (версия 8.5) для создания электронной базы данных и их географической привязки, а также Vertical Mapper (версия 3.1) для проведения изолиний. Эти программы позволяют производить пространственную интерполяцию данных с высокой разрешающей способностью.

Карты позволили вскрыть ряд внутрирегиональных особенностей пространственного распределения ветроэнергетических ресурсов, ранее неизвестных. Так, оказалось, что фоновые карты ветроэнергетических ресурсов [12], построенные по весьма ограниченному числу метеостанций, скрывают перспективные для ветроэнергетики участки внутри региона. Как показало настоящее исследование, внутрирегиональные значения  $\bar{v}^3$  могут быть в 2 раза выше и ниже фоновых. В связи с этим, на наш взгляд, необходима разработка карт географического распределения ветроэнергоресурсов по отдельным территориям именно с использованием максимально возможного числа метеостанций. В настоящей работе в качестве исходных данных использовались средние годовые скорости ветра почти по 200 метеостанциям рассматриваемого региона, содержащимся в справочниках по климату. Они предварительно были приведены к сравнимым условиям – ровной открытой местности и высоте 10 м над земной поверхностью. Построенные нами карты позволяют с необходимой точностью отразить характер мезомасштабной изменчивости  $\bar{N}$  для ограниченных участков территории внутри региона.

На большей части рассматриваемой территории средние годовые скорости ветра составляют 4,5–5,0 м/с, что следует из рис. 1. Наиболее высокие скорости ветра (более 5 м/с) приурочены к относительно возвышенным территориям: Бугульминско-Белебеевской и Приволжской возвышенности, юго-восточной оконечности Среднерусской возвышенности, Волго-Уральскому и Предуральскому плато, Ергени. Пониженные средние годовые скорости ветра (менее 4,5 м/с) характерны для пониженных форм рельефа: Окско-Донской равнине, Низкого Заволжья, долины устья Волги и Калмыцкой степи. Надо иметь в виду, что во всех административных областях имеются возвышенные участки, поэтому на их

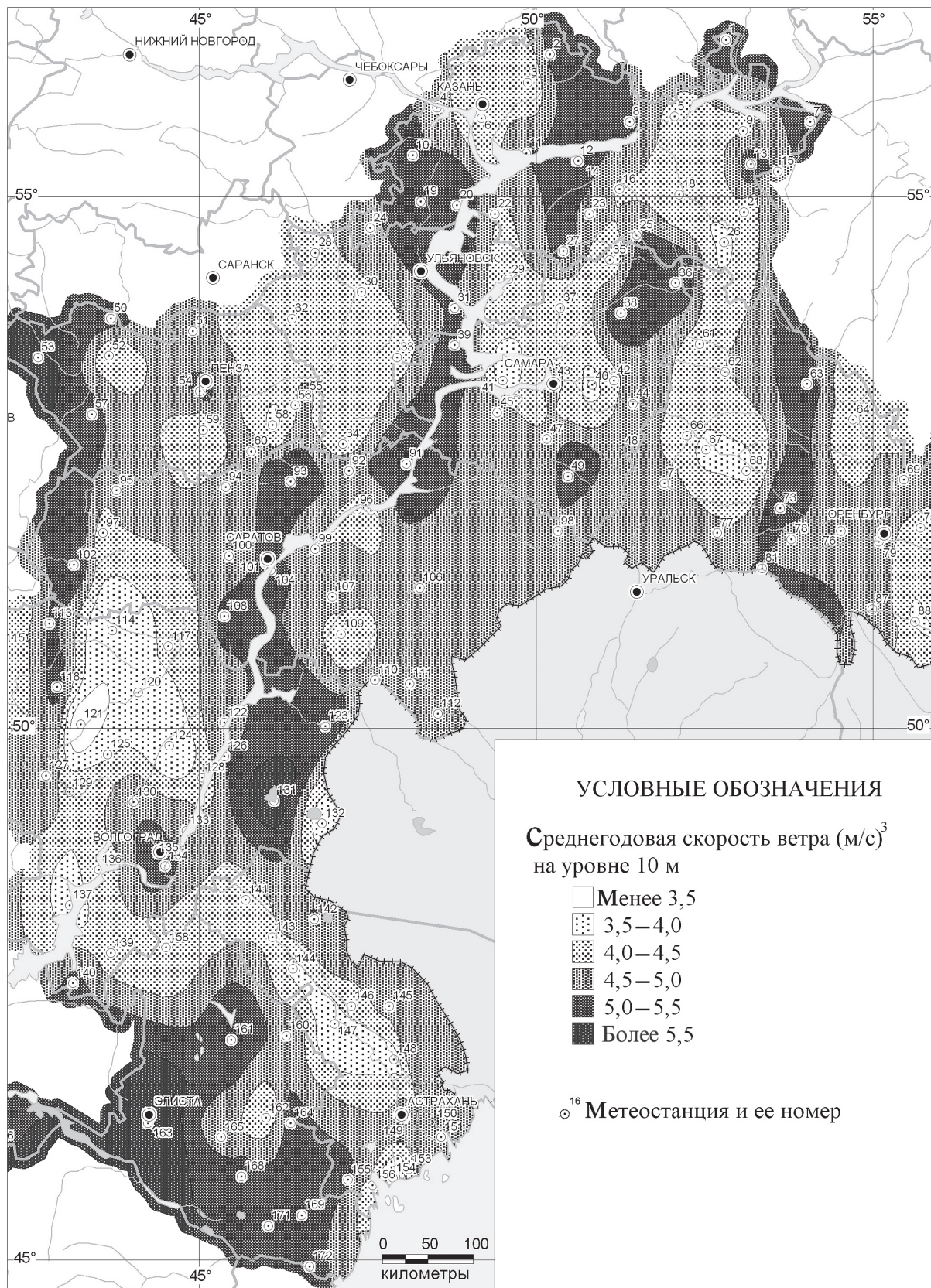


Рис. 1. Средняя годовая скорость ветра, (м/с)<sup>3</sup>, на уровне 10 м

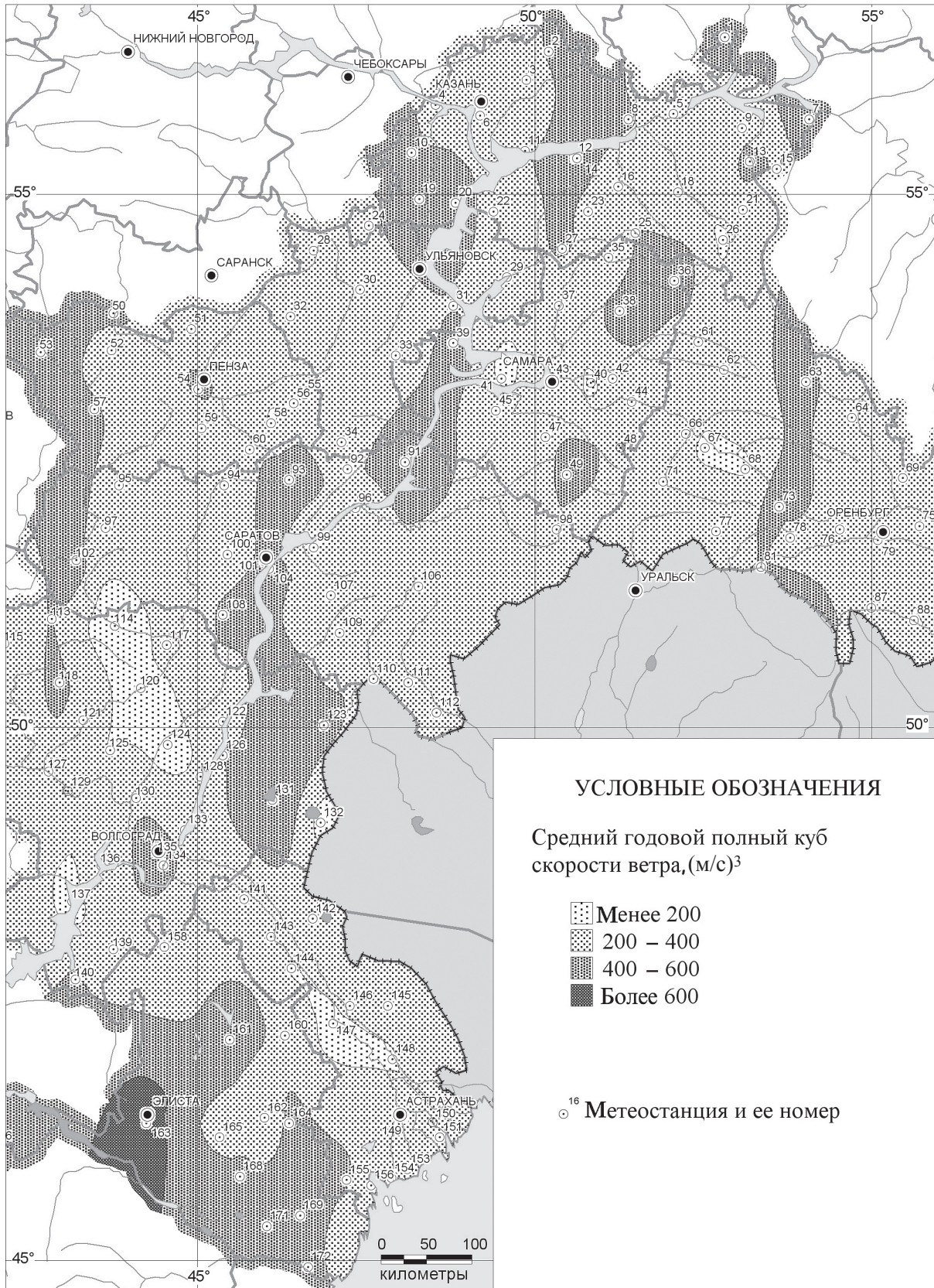


Рис. 2. Средний годовой полный куб скорости ветра, (м/с)<sup>3</sup>, на уровне 10 м

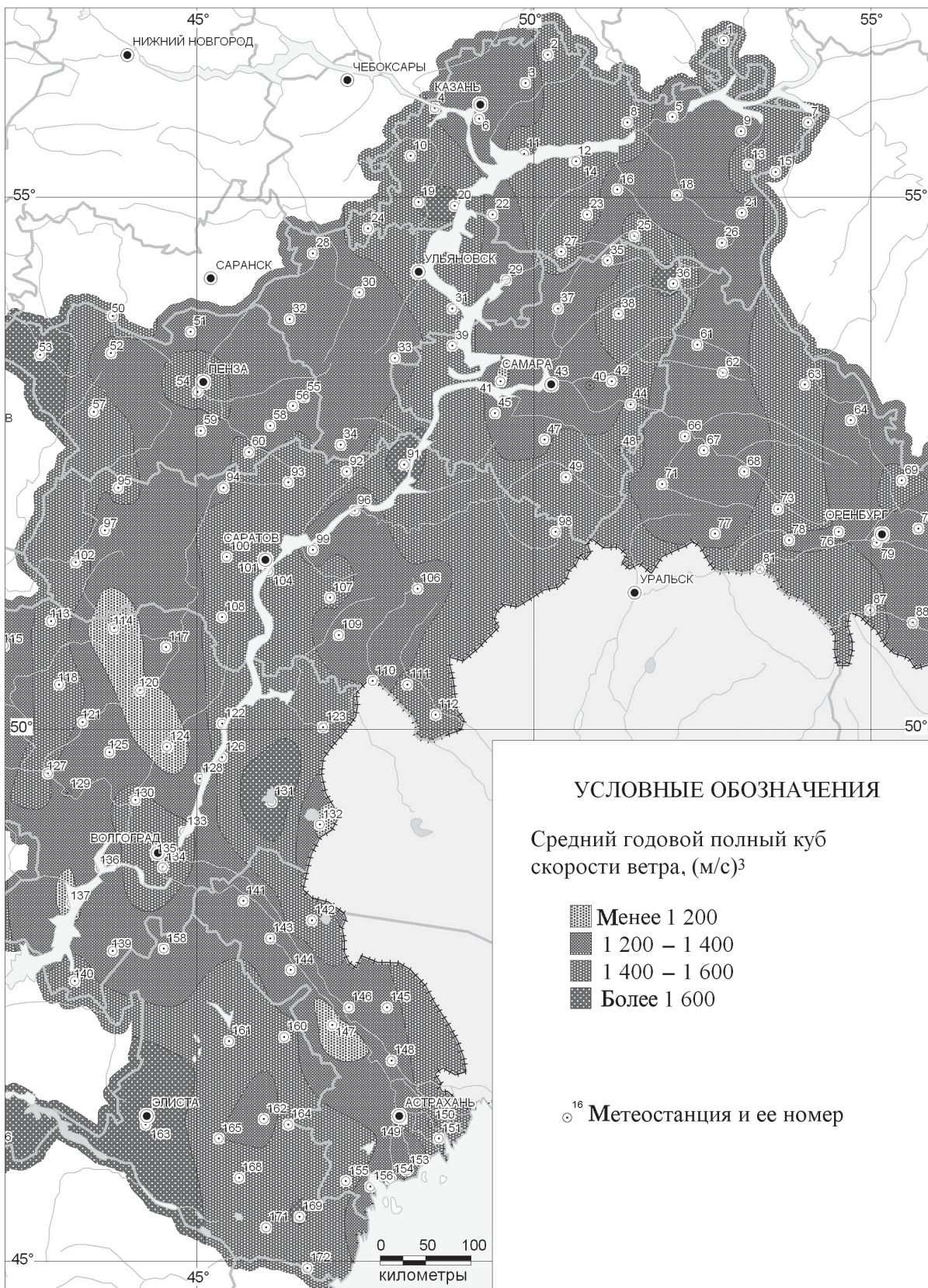


Рис. 3. Средний годовой полный куб скорости ветра, (м/с)<sup>3</sup>, на уровне 110 м



территории можно выбрать место для размещения высокопроизводительных ВЭУ. Отметим, что весьма перспективным районом в ветроэнергетическом отношении на рассматриваемой территории оказываются Ергени (Калмыкия). Средние скорости ветра здесь оказываются почти в 1,5 раза выше, чем в Прикамье, где скорости ветра более 4 м/с отмечаются лишь на небольших пространствах северо-запада региона.

В последние 10–15 лет в ряде институтов системы Росгидромета (ГУ ГГО, ЗапСибНИИ и др.) и ведомственных организациях выполнен обширный комплекс методических и прикладных климатологических разработок, позволивших существенно уточнить особенности географического и вертикального распределения ветроэнергетических ресурсов в приземном слое атмосферы до высоты 200 м над поверхностью земли, как отдельных регионов, так и России в целом [12].

Так, А. Д. Дробышевым и Ю. А. Пермяковым [13] выполнена оценка ветроэнергетических ресурсов Прикамья (сопредельной на северо-востоке территории) на уровнях 30 м и 100 м с использованием полного среднего куба скорости ветра. Поэтому в настоящем исследовании в качестве основной характеристики ветроэнергетического потенциала рассматриваемой территории также принято распределение  $\overline{v^3}$ , это обуславливает возможность сравнения ветроэнергетического потенциала этих территорий. Величина  $\overline{v^3}$  является полным средним кубом возможных скоростей ветра, его расчет осуществляется по всем наблюдаемым данным, начиная от 0 м/с и до наибольшего значения. В этих условиях расчеты средней удельной мощности ветрового потока  $\overline{N}$  определяют теоретические (потенциальные) значения. Они являются верхними пределами этих характеристик и служат в основном для оценки запасов ветровых ресурсов территории. Формулу (2) для расчета средней потенциальной удельной мощности  $\overline{N}$  можно представить в виде

$$\overline{N} = \frac{1}{2} \rho \overline{v^3}. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что переход от среднего куба скорости к  $\overline{N}$  осуществляется умножением  $\overline{v^3}$  на  $\frac{1}{2} \rho$ . Если в качестве  $\rho$  принять его значение для стандартной атмосферы равно 1,226, то величина множителя составит 0,613. На правомерность такого подхода указывали еще Л. Е. Анапольская и Л. С. Гандин [14].

Карта географического распределения полного среднего куба скорости ветра на уровне 10 м, представлена на рис. 2. Анализ пространственного распределения полного среднего куба скорости на высоте 10 м показывает, что он в основном следует за географическим изменением средней

скорости ветра. На большей части рассматриваемой территории он составляет 200–400 (м/с)<sup>3</sup>. Вместе с тем, почти во всех регионах ЮВ ЕТР можно выбрать местоположения, где он повышается до 400–600 (м/с)<sup>3</sup> и более. Эти места обычно приурочены к плавно выпуклым возвышенным формам рельефа, там средние скорости ветра принимают повышенные значения. В пониженных местоположениях полный средний куб скорости ветра менее 200 (м/с)<sup>3</sup>. Практическое значение подобных карт состоит в том, что они позволяют определить удельную мощность ВЭУ, расположенных на ровной открытой местности (плоские формы рельефа).

Совместный анализ карт географического распределения среднего куба скорости ветра на различных высотах позволил установить такую важную для применения ВЭУ особенность, как то, что территории и с повышенными, и пониженными его значениями пространственно сопряжены, т. е. располагаются над одними и теми же территориями на любом из рассматриваемых уровней.

Вторая немаловажная особенность географического распределения показателей ветроэнергетического потенциала состоит в том, что наименьшие значения  $\overline{v^3}$  соответствуют пониженным территориям, особенно находящимся в так называемой ветровой тени возвышенностей. К ним можно отнести восточные части Окско-Донской и Среднерусской равнин, сюда попадают западные районы Татарстана, Пензенской, Саратовской и Волгоградской областей. Сравнительно пониженным ветроэнергетическим потенциалом обладают Низменное Заволжье, Калмыцкая степь и Уфимское плато (абсолютные высоты до 220 м), находящееся между Бугульминско-Белебеевской возвышенностью (абсолютные высоты 220–400 м) и южным Уралом (абсолютные высоты 450–1200 м). Относительно повышенные значения  $\overline{v^3}$  приходятся на восточную оконечность Среднерусской возвышенности и Приволжскую возвышенность, Заволжье Саратовской и Волгоградской областей.

На рассматриваемой территории наибольшие значения полного куба скорости ветра на уровне 30 м превышают 800 (м/с)<sup>3</sup>, это более чем в 2 раза больше чем в Прикамье 400 (м/с)<sup>3</sup> [13]. Наименьшие же значения здесь примерно такой же величины (400 (м/с)<sup>3</sup>), что и в Прикамье (около 300 (м/с)<sup>3</sup>). Это характеризует ЮВ ЕТР как весьма перспективную территорию для применения ветроэнергетики. Еще ярче это проявляется на уровне 100 м. На данной высоте даже наименьшие для территории  $\overline{v^3}$  (около 900 (м/с)<sup>3</sup>) оказываются существенно выше наибольших в Прикамье (800–850 (м/с)<sup>3</sup>). На уровне 70 м наибольшие значения полного куба скорости ветра превышают 1400 (м/с)<sup>3</sup>, наименьшие – около 800 (м/с)<sup>3</sup>.



Третьей особенностью пространственного распределения характеристик ветроэнергетического потенциала на ЮВ ЕТР является такая его изменчивость по территории, которая позволяет выбрать площадки для эффективного размещения ВЭУ в каждой административной области в составе Приволжского и Южного федеральных округов.

Кроме того, на каждом из рассматриваемых уровней из оценок полного среднего куба скорости ветра по всем метеостанциям в регионе нами выбрано наибольшее и наименьшее его значение. Оказалось, что отношение наибольших в регионе значений  $v^3$  к наименьшим на высоте 10 м составляет 4,5, что свидетельствует о значительной пространственной изменчивости этой характеристики. На высоте 50 м это отношение снижается до 2,2, на высоте 100 м – до 1,6, а на высоте 150 м – до 1,4. Поэтому следующей особенностью пространственного распределения ветроэнергетического потенциала в регионе является выравнивание с высотой скоростного режима ветра и его энергетических характеристик.

#### Библиографический список

1. Рыхлов А. Б. Анализ применения различных законов распределения для выравнивания скоростей ветра на юго-востоке европейской территории России // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 2. С. 25–30.
2. Рыхлов А. Б. К вопросу об аппроксимации скоростей ветра на юго-востоке европейской территории России законом распределения Вейбулла–Гудрича // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 2. С. 32–37.
3. Рыхлов А. Б. Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на

УДК 796.5+908

## ПРИМЕНЕНИЕ БРЕНДОВ ТЕРРИТОРИИ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (на примере экскурсии «Брендовые места Саратова»)

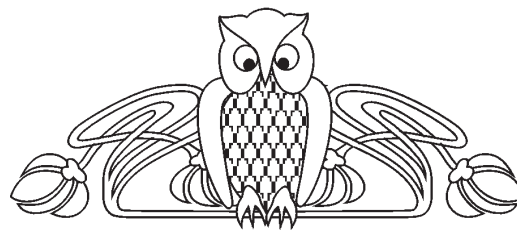
О. В. Терентьева, Д. Ю. Лощева

Саратовский государственный университет  
E-mail: ovterenteva@mail.ru

Статья написана на основе опыта создания и проведения экскурсии «Брендовые места Саратова». Авторы полагают, что в силу того, что бренд территории помогает привлечь потенциальных туристов, разработка экскурсии по знаковым местам является необходимым шагом в этом направлении. В статье также приводятся примеры успешного применения брендирования территории, рассматриваются возможные бренды Саратова и области, анализируется тематика экскурсий, предлагаемых саратовскими туристическими фирмами. Указываются основные этапы создания экскурсии и проблемы при ее проведении.

ЮВ ЕТР для решения задач ветроэнергетики // Учен. зап. ПГГМУ. 2011. Вып. 20. С. 89–100.

4. Рыхлов А. Б. Климато-информационная технология решения ветроэнергетических задач // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 30–33.
5. Рыхлов А. Б. Разработка методов климатологической оценки ветроэнергетического потенциала на различных высотах (на примере юго-востока Европейской части России) / под ред. Ю. А. Склярова. Саратов, 2012. 135 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Л., 1988. Вып. 12–13.
7. Справочник по климату СССР : 5 ч. Ч. 3. Л., 1967. Вып. 12–13.
8. Рыхлов А. Б. Оценка параметров законов изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на юго-востоке европейской части России для решения задач ветроэнергетики // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 11, вып. 2. С. 28–34.
9. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. проф. Н. В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
10. Милевский В. Ю. Методика исследования скоростных роз и скоростных роз диаграмм ветра // Тр. ГГО. 1960. Вып. 113. С. 57–70.
11. Милевский В. Ю. Вероятность ветра различной скорости на территории СССР // Тр. ЛГМИ. 1961. Вып. 12. С. 58–97.
12. Энциклопедия климатических ресурсов. СПб., 2005. 319 с.
13. Дробышев А. Д., Пермяков Ю. А. Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья. Пермь, 1997. 122 с.
14. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки // Метеорология и гидрология. 1978. № 7. С. 11–17.



**Ключевые слова:** бренд территории, бренды Саратова и Саратовской области, экскурсия, туристическая деятельность.

#### The Use of Brands of the Territory in the Excursion Activity (on the Example of the Excursion «The Brand Places of Saratov»)

O. V. Terenteva, D. Yu. Loshcheva

The article is written on the basis of the creation's and realization's experience the excursion «The brand places of Saratov». The authors believe that, in virtue of the fact that the brand of the territory helps to attract potential tourists, the development of excursion to the brand