

УДК 551.52

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Невидимова О.Г., ²Янкович Е.П.

¹*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск,
e-mail: olga-nevidimova@mail.ru;*

²*Томский политехнический университет, Томск, e-mail: yankovich@tpu.ru*

В статье обсуждаются вопросы оценки пространственно-временного распределения характеристик солнечной радиации и ветра на территории Томской области в контексте их энергетического потенциала. В качестве основных показателей рассматриваются суммарная солнечная радиация, продолжительность солнечного сияния, количество ясных дней, скорость ветра. На основе многолетних данных для Томской области исследована их сезонная и территориальная изменчивость. В результате проведенного анализа были раскрыты некоторые особенности поступления солнечной энергии, годового хода и пространственного распределения повторяемости ветра по градациям скорости и направлению. Выполненное районирование исследуемой области с использованием платформы ARCGis 10.2 на основе обобщения актинометрической и метеорологической информации позволило дифференцировать территорию по особенностям радиационного и ветрового режима. Сделан вывод о том, что Томская область имеет удовлетворительные ресурсы солнечной и ветровой энергии, несмотря на их существенную пространственную и временную неоднородность.

Ключевые слова: солнечная энергия, суммарная солнечная радиация, продолжительность солнечного сияния, ветровой режим, Томская область

ENERGY RESOURCES OF SOLAR RADIATION AND WIND ON THE TERRITORY OF TOMSK REGION

¹Nevidimova O.G., ²Yankovich E.P.

¹*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk,
e-mail: olga-nevidimova@mail.ru;*

²*Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: yankovich@tpu.ru*

The article discusses the evaluation of spatio-temporal distribution characteristics of solar radiation and wind on the territory of the Tomsk region in the context of their energy potential. The main indicators are considered total solar radiation, duration of sunshine, the number of clear days, wind speed. Based on long-term data for Tomsk region, studied their seasonal and spatial variability. The analysis revealed some peculiarities of the income of solar energy, energy of wind in the region. Complete zoning study area using the ARCGis platform on the basis of generalization meteorological information allowed differentiating the territory for the characteristics of regime of radiation and of wind. Concluded that the Tomsk Region has satisfactory resources solar and wind power, despite their significant spatial and temporal heterogeneity.

Keywords: solar energy, total solar radiation, duration of sunshine, wind regime, Tomsk region

Априорная лимитированность энергетических ресурсов, которые традиционно используются человечеством, предопределяет постоянный интерес к проблеме практического применения возобновляемых источников энергии, в том числе энергии солнца и ветра. На пути широкого использования возобновляемых энергетических ресурсов всегда стояла ограниченная возможность человека эффективно извлекать и консервировать энергию из этих энергоресурсов. Современная динамическая экспансия инновационных разработок на технологические процессы производства компонентов солнечных электростанций и развитие принципиально новых безлопастных технологий в ветроэнергетике обуславливают необходимость корректировки возможностей и целесообразности активного потребления ресурсов солнечной и ветровой энергии. Для Томской области с ее

обширной территорией и высокой концентрацией традиционных энергетических источников оценка солнечного и ветроэнергоресурса актуальна прежде всего с точки зрения их доступности. Применение ветро- и гелиоустановок позволило бы повысить энергообеспеченность области собственными ресурсами, диверсифицировав их.

Важным условием эффективного использования этих ресурсов является объективная и детальная оценка их пространственной и временной изменчивости. Целью данного исследования является анализ пространственно-временного распределения характеристик солнечной радиации и ветра на территории Томской области в контексте их энергетического потенциала.

Материалы и методы исследования

Конечным результатом аргументированной оценки гелио- и ветроэнергоресурса является набор объ-

активных количественных характеристик, который отражает изменение режима каждого вида энергии и ограничивает их возможные вариации во времени и пространстве.

В качестве таких характеристик для оценки поступающей на территорию солнечной радиации используются показатели: суммы прямой и суммарной радиации, их изменчивость в разные временные интервалы в условиях ясного и пасмурного неба; продолжительность солнечного сияния, его изменчивость; непрерывная продолжительность солнечного сияния выше указанного уровня; число дней без солнца; повторяемость облачности разных градаций [2, 3, 4]. На основе этих показателей получают максимальную (при условии ясного неба) и фактическую (средние условия облачности) плотность солнечной энергии; потенциальные гелиоресурсы, принципиально доступные для практического использования; оптимальные углы наклона, которые обеспечивают максимальный поток солнечного излучения на принимающую поверхность гелиоустановки; показатели непрерывной продолжительности солнечного сияния (более 6 часов), обеспечивающие эффективную работу гелиоустановки.

На территории Томской области крайне ограничено количество метеостанций, ведущих многолетние наблюдения непосредственно за актинометрической ситуацией. В настоящее время существует только одна актинометрическая станция, на севере области: Александровское. Поэтому информация о потоках солнечной радиации была получена аналитически, то есть необходимые параметры для конкретной географической точки определялись расчетным путем на основе данных гелиографа и общей облачности [5, 6]. Для исследования использовались метеорологические данные 17 метеостанций, данные по продолжительности солнечного сияния 7 метеостанций и непосредственно актинометрическая информация 5 метеостанций территории Томской области и соседних областей.

Для решения практических задач оценки ветроэнергетических ресурсов необходимы данные о повторяемости различных скоростей ветра, о скоростях ветра различных градаций по румбам, амплитуда суточного хода скорости ветра по сезонам, вертикальный профиль средней скорости ветра, плотность воздуха; на основе этих показателей получают удельную мощность ветрового потока – теоретический потенциал энергии ветра [1, 4]. Для анализа ветроэнергетического потенциала использовались многолетние данные 20 метеостанций Томской области и соседних областей.

На следующем этапе на основе обобщения актинометрической и метеорологической информации проводилось районирование территории с использованием платформы ARCGIS 10.2. Это позволило дифференцировать территорию Томской области по особенностям радиационного и ветрового режима.

Результаты исследования и их обсуждение

Распределение солнечной энергии при ясном небе по территории Томской области имеет выраженную широтность. Региональные особенности формирования облачности, прозрачности атмосферы, от-

ражательной способности подстилающей поверхности нарушают широтную зональность; особенно ярко это выражено в летний период. Годовой приход суммарной радиации при реальных условиях облачности изменяется от 3850 МДж/м² на севере области до 4193 МДж/м² на юге (рис. 1). Максимум приходится на июль и составляет от 618 МДж/м² до 690 МДж/м². Наименьшая суммарная радиация в декабре на севере области составляет всего 25 МДж/м². Как и для прямой радиации, для суммарной радиации характерно резкое возрастание значений от января к февралю (увеличение в 3 раза) и от февраля к марту (увеличение в 2,5 раза), а также резкое уменьшение их от августа до ноября (уменьшение в 2 раза каждый месяц).

Важным показателем режима излучения является продолжительность солнечного сияния (рис. 2). Увеличение продолжительности солнечного сияния в пределах Томской области происходит с северо-востока на юго-запад и характерно для всех месяцев года. Если на северо-востоке продолжительность солнечного сияния за год составляет 1743 часа, то на юго-западе – 1958 часов. Такой относительно небольшой разброс значений между севером и югом области в годовом выражении объясняется как существенным увеличением продолжительности светового дня на севере, так и особенностью формирования облачности в зимний и летний периоды. Средняя продолжительность солнечного сияния увеличивается от зимы к лету и в июле она наибольшая. Резкое возрастание числа часов с солнечным сиянием наблюдается в период от января к марту, что связано с увеличением продолжительности дня и с уменьшением повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности.

Большое значение для практических задач имеет оценка непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов в сутки. Наибольшая повторяемость такой продолжительности солнечного сияния отмечается с марта по июнь (56–51 % от общего числа случаев). В декабре и январе в Томской области повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов составляет 1–8 %.

Используя все указанные характеристики, были получены прикладные индикаторы ресурсов солнечной энергии. Так, определена возможная продолжительность работы гелиоустановки в месяц при определенных значениях суммарной радиации. Для уста-

новки, которая расположена в Александровском и начинает работать при количестве суммарной радиации в 12 МДж/м², продолжительность работы варьируется от 8 дней в августе до 20 дней в июне, в целом же за период апрель – август – 84 дней. На юге области эта цифра возрастает до 130 дней.

Анализ ветрового режима Томской области показал, что на территории области наибольшую повторяемость имеют ветры южного и юго-западного направления.

Север же области чаще находится в зоне действия ветров северо-западного направления. В годовом ходе четко прослеживается увеличение северных ветров на юге области с мая по август. Вообще в летние месяцы сложно выделить доминирующие направления ветров. Так, например, вероятность в период июнь – август северного и северо-западного направления вместе составляет 29–30% для Колпашево и 20–22% для Томска.

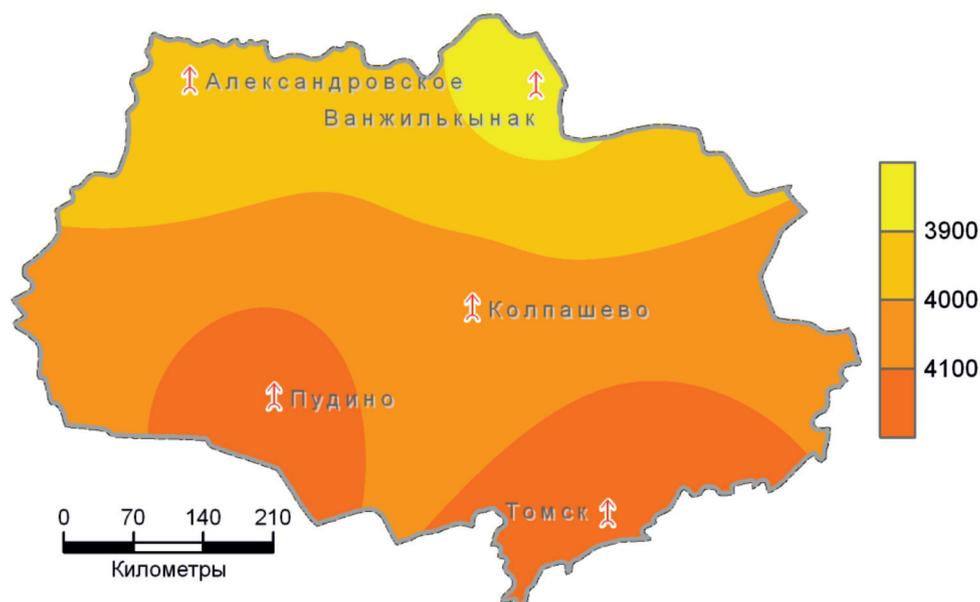


Рис. 1. Суммарная радиация (год/МДж/м²)

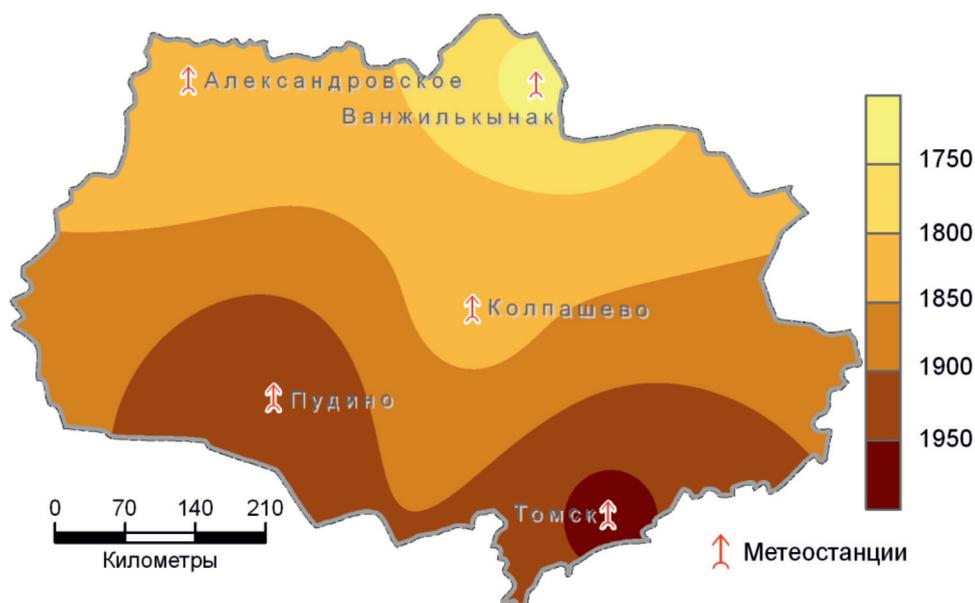


Рис. 2. Продолжительность солнечного сияния (часов/год)

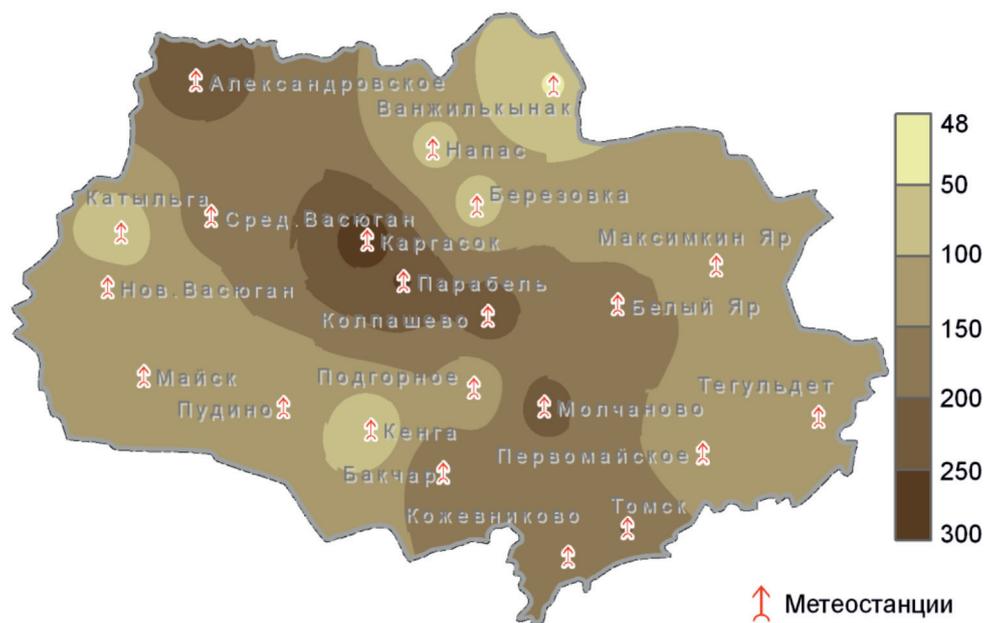


Рис. 3. Удельная мощность ветрового потока весной (Вт/м²)

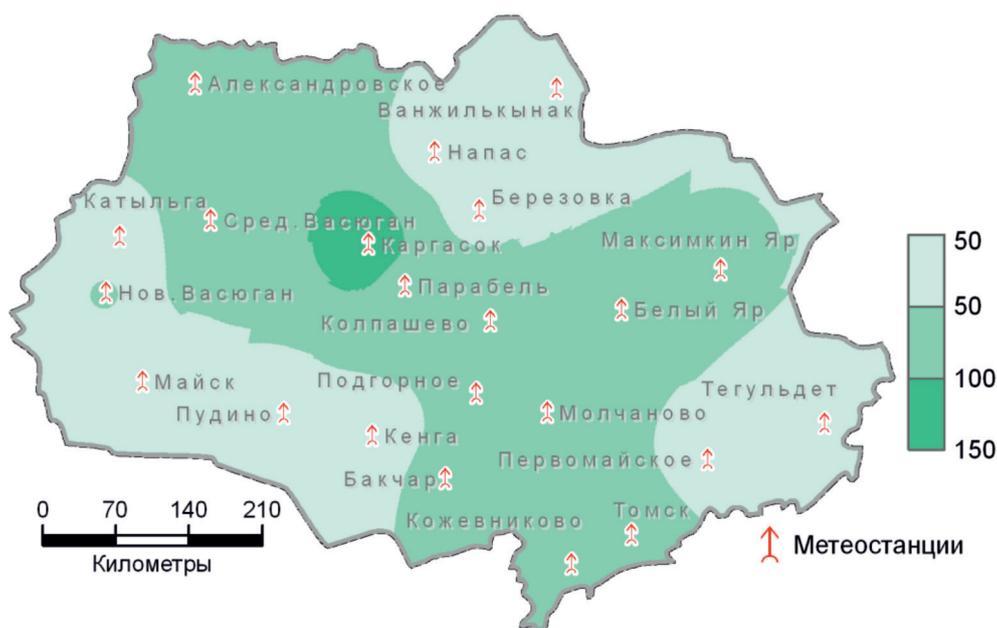


Рис. 4. Удельная мощность ветрового потока летом (Вт/м²)

На всей территории области четко определяется годовой ход скорости ветра. Наибольшие скорости ветра наблюдаются в сезон весна-осень. Среднегодовые скорости изменяются от 4,2 до 2,1 м/с. Различие в полях скоростей за дневной и ночной сроки выражено только для теплого периода. Весной дневные скорости ветра больше ночных в среднем на 1,5 м/с.

Для решения практических задач ветроэнергетики необходимы данные о вероятности различных скоростей ветра. Проведенный анализ показал на преобладание в регионе ветров со скоростями от 1–2 до 5–6 м/с, которые составляют в среднем 85% всех возможных скоростей в год. Скорости ветра 10–12 м/с наблюдаются довольно редко, повторяемость их составля-

ет не более 5 %, а более 16 м/с – единичные случаи.

Рассчитанная удельная мощность ветрового потока позволила выделить районы с различным режимом ветра в различные сезоны. Максимумы удельной мощности соответствуют переходным сезонам – осень и весна (рис. 3). Наибольшие ресурсы ветрового потока сосредоточены вдоль реки Обь в районе Каргаска, Парабели и Колпашево. Здесь они достигают 300 Вт/м², несколько меньше на юге области – 200 Вт/м². Осенью максимумы также сконцентрированы в центральной части области, худшие условия для развития ветроэнергетики – это северо-восток и западные части области.

В летний сезон большая часть Томской области характеризуется удельной мощностью от 50 до 100 Вт/м², распределена мощность по территории относительно равномерно.

Летом также выделяются области с максимальными значениями удельного потенциала. Это те же самые центральные районы вдоль Оби с удельной мощностью до 150 Вт/м² (рис. 4).

Таким образом, годовой ход мощности ветра имеет четко выраженную сезонность. В суточном ходе максимум мощности достигается после полудня. Амплитуда суточного хода в летние месяцы не превышает 75 Вт/м². Стоит также отметить, что приведенные оценки актуальны для открытых ровных площадей, на возвышенностях мощность будет больше.

Заключение

Для оценки возможностей расположения и эксплуатации объектов солнечной и ветровой энергетики следует рассмотреть, прежде всего, особенности пространственного и временного распределения энергии солнца и ветра в конкретном месте и определить необходимые условия и характери-

стики оптимального режима функционирования энергетических устройств.

По результатам проведенного исследования установлено, что Томская область имеет удовлетворительные ресурсы солнечной и ветровой энергии. Так, теоретический потенциал солнечной энергетики в области составляет более 1300 кВт ч/м². В то же время из-за географического расположения территории уровень солнечной радиации варьируется. Так, энергетическая освещенность поверхности при ясном небе за летние месяцы в крайне северных районах не превышает 550 Вт/м², а на юге региона достигает 800 Вт/м². Существенны также и сезонные колебания. На территории области наиболее перспективны для солнечной энергетики юго-западные районы. В центральной части существует потенциальная возможность для применения небольших установок, рассчитанных на выполнение локальных задач. Наибольшие ветроэнергетические ресурсы сосредоточены вдоль реки Обь в районе Каргаска, удельная мощность ветрового потока здесь 300 Вт/м² весной и 220 Вт/м² зимой. С увеличением высоты, на возвышенностях, условия для ветроэнергетических устройств улучшаются.

Список литературы

1. Дробышев А.Д. Косвенные способы расчета режимных характеристик скорости ветра и ее непрерывной продолжительности // Тр. ЗапСибНИИ Госкомгидромета. – 1984. – Вып. 66. – С. 59–74.
2. Кондратьев К.Я. Актинометрия. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 690 с.
3. Пивоварова З.И. Радиационные характеристики климата СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 335 с.
4. Рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик. – Л., Гидрометеоздат, 1997. – 76 с.
5. Сивков С.И. Методы расчёта характеристик солнечной радиации. – Л., 1968. – 323 с.
6. Савинов С.И. Соотношение между облачностью, продолжительностью солнечного сияния и суммами прямой и рассеянной солнечной радиации // Метеорологический вестник. – М., 1931. – Т. 39, № 1. – С. 1–7.