

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Гелиоэнергетические ресурсы Саратовской области**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента   5   курса   521   группы

направления   05.03.05 Прикладная гидрометеорология

  географического   факультета

  Поликарпова Ивана Геннадьевича  

Научный руководитель,

  д.г.н.   \_\_\_\_\_

  А.Б. Рыхлов  

Заведующий кафедрой,

  профессор, д.ф.-м.н.   \_\_\_\_\_

  М.Б. Богданов  

Саратов 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Слишком быстрый рост энергопотребления является одной из наиболее характерных особенностей технической деятельности человечества в 21 веке. Увеличение производства энергии происходило в основном за счёт увеличения добычи нефти и газа, наиболее удобных в потреблении. И именно энергетика оказалась первой крупной отраслью мировой экономики, которая столкнулась с ситуацией истощения своей традиционной сырьевой базы. Одной из экономических причин стран является ограниченность ископаемых энергетических ресурсов. Кроме того, в настоящее время всё труднее сохранить высокий темп развития энергетике путём использования лишь традиционных ископаемых источников энергии.

Атомная энергетика в последнее время также столкнулась со значительными трудностями, связанные с необходимостью резкого увеличения затрат на обеспечение безопасности работы атомных электростанций.

Загрязнение окружающей среды продуктами сгорания ископаемых источников, в первую очередь угля и ядерного топлива, является причиной ухудшения экологической обстановки на Земле. В связи с большими выбросами продуктов сгорания от угля, нефти появляется проблема теплового загрязнения планеты. И, кроме того, всемирное потепление климата может дать необратимые опасные изменения для жизни всего человечества.

Эти обстоятельства в большой степени определяют потребности в использовании возобновляемых источников энергии, такие как солнечная радиация, ветровая энергия, использование биомассы. Возобновляемые источники энергии характеризуются как источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии.

Одним из возобновляемых источников энергии является солнце.

Цель бакалаврской работы заключается в оценке гелиоэнергетических ресурсов Саратовской области.

Были поставлены следующие задачи:

1. – По литературным и интернет источникам выявить какие бывают виды гелиоустановок;
2. Изучить современное состояние гелиоэнергетики в России;
3. Рассчитать среднегодовую продолжительность солнечного сияния;
4. Рассчитать месячные и сезонные суммы прямой радиации на перпендикулярную поверхность;
5. Рассчитать годовые суммы суммарной радиации на горизонтальную и перпендикулярную поверхности и построить графики;
6. Построить график годового хода месячных сумм прямой солнечной радиации.

В структуре ВКР выделено 3 главы:

## 1. Гелиоэнергетика

### 1.1 Виды гелиоустановок

### 1.2 Гелиоэнергетические климатические ресурсы

## 2 Солнечная энергетика России: перспективы и проблемы развития

## 3 Характеристика гелиоэнергетических ресурсов

Саратовской области

## **Характеристика гелиоэнергетических ресурсов Саратовской области.**

Энергетические проблемы, приобретают в настоящий момент значение шкалы ценностей и действий для всех людей. Энергетика делает большой вклад в благосостояние общества, обеспечивая население и производство необходимой энергией.

Гелиоэнергетика - это получение энергии от солнца. Гелиоэнергетические установки преобразуют солнечную радиацию в тепловую, электрическую энергию разными способами (применение зеркал, фотоэлементов, голографических плёнок).

Главными направлениями работ в области преобразования солнечной энергии в настоящее время являются:

1. прямой тепловой нагрев, т. е. получение тепловой энергии
2. фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии.

Существует много примеров гелиоустановок. Это солнечные пруды, солнечные батареи, стирлинги, тепловые коллекторы и аккумуляторы. Гелиоэнергетические ресурсы имеются в каждом городе, разница в их количестве, зависит от различных астрономических факторов.

По данным Института Энергетической стратегии, теоретический потенциал солнечной энергетики в России составляет более 2300 млрд. тонн условного топлива, экономический потенциал – 12,5 млн. т.у.т.

Ввиду расположения России (между 41 и 82 градусами северной широты) уровень солнечной радиации существенно варьируется: от 810 кВт·час/м<sup>2</sup> в год в отдаленных северных районах до 1400 кВт·час/м<sup>2</sup> в год в южных районах.

Наибольшие гелиоэнергетические ресурсы отмечаются в Приморском крае (22,1 у.е.). В этом районе три первых параметра принимают максимальные значения ( $Q_{\text{год}} = 5019 \text{ МДж/м}^2$ ,  $S_{\text{год}} = 2859 \text{ МДж/м}^2$ ,  $SS_{\text{год}} = 2397 \text{ ч}$ ) таблица 1

Таблица 1

Показатель	Единица измерения	Минимум	Максимум
1. Годовая сумма суммарной радиации на горизонтальную поверхность $Q_{\text{год}}$	МДж/м <sup>2</sup>	2659	5019
2. Годовая сумма прямой радиации на горизонтальную поверхность $S_{\text{год}}$	МДж/м <sup>2</sup>	768	2859
3. Годовая продолжительность солнечного сияния $SS_{\text{год}}$	ч	1040	2397

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2 = 3,6 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

Количество энергии, вырабатываемое фотогенератором, наклоненным под углом, здесь составляет 180-190 кВт·ч/м<sup>2</sup>, а плоским солнечным коллектором - 800-900 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Перспективными с точки зрения гелиотехники являются еще два региона. Первый регион включает в себя Амурскую область, южную часть Хабаровского края, Забайкалье, южную часть Иркутской области и Республику Тыва, а второй - южные районы европейской части России (15-20 у.е.).

При продвижении на север гелиоэнергетические ресурсы быстро уменьшаются.

Наименьшие значения климатических ресурсов этого типа (0-3 у.е.) характерны для побережья Северного Ледовитого океана.

Следует отметить, что конкурировать с ТЭС или АЭС солнечные энергетические станции (СЭС) могут лишь в том случае, если солнечное сияние наблюдается не менее 2000 ч в год, а солнечная радиация составляет 600-800

Вт/м<sup>2</sup>. Такие условия имеют место в Астрахани, Волгограде, Читинской, Ростовской областях, в Ставропольском крае, Приморье, на Северном Кавказе, в Туве, Бурятии, Калмыкии, в районе Сочи.

#### Гелиоэнергетические ресурсы Саратовской области

Одной из важных характеристик для гелиоэнергетики является продолжительность солнечного сияния.

На территории Саратовской области распределение числа часов солнечного сияния из-за использования гелиографов разной конструкции и степени открытости горизонта метеостанций, весьма сложно. Однако можно допустить, что происходит их увеличение с 2100-2200 ч на северо-западе области до 2400 ч на юго-востоке.

Наибольшее число часов с солнечным сиянием отмечается в июне - июле. Зимой в связи с короткими днями, небольшой высотой Солнца над горизонтом и увеличением облачности продолжительность солнечного сияния невелика - 30-80 ч в месяц. В это время отмечается 17-20 дней в месяц без Солнца. В начале и конце теплого периода может отмечаться до 5-7 дней без Солнца. В период же с мая по сентябрь без Солнца может наблюдаться всего не более 2 дней. В целом теплый период весьма благоприятен для поступления солнечной радиации.

Наибольшая продолжительность солнечного сияния отмечается в июле - до 350 ч в месяц. В апреле и сентябре она составляет около 220-230 ч, а в октябре и того меньше - около 110-150 ч.

При реальных условиях облачности приход прямой радиации в теплый период года колеблется по территории в пределах 600-700 кВт-ч/м<sup>2</sup> в год, увеличиваясь с запада на восток и с севера на юг. При этом наибольшее количество солнечного тепла поступает в июне: при ясном небе - около 210 кВт-ч/м<sup>2</sup>, при средних условиях облачности почти в два раза меньше - 100-110 кВт-ч/м<sup>2</sup>.

Средний за год приход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе, т. е. возможный приход, на территории области

составляет около  $1400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ .

На нормальную к солнечным лучам поверхность при ясном небе прямой солнечной радиации поступает более чем в два раза больше, чем на горизонтальную. При средних условиях облачности такая ориентация приемной поверхности приводит к меньшему, но все же достаточно заметному увеличению - на 60%. Существенно увеличены и месячные суммы прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность. В июне-июле они составляют  $320\text{-}330 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ . При средних условиях облачности они почти в два - три раза меньше, но все же достаточно велики и почти равны месячным суммам суммарной радиации на горизонтальный приемник.

В период с апреля по октябрь с единицы горизонтальной площади, поглощающей суммарную радиацию, можно получить: при ясном небе -  $1380\text{-}1400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  энергии, при средних условиях облачности -  $950\text{-}1020 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ . Наибольшее количество суммарной солнечной радиации (рис12) на горизонтальную поверхность поступает в июне-июле: при ясном небе –  $240 - 250 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , при средней облачности –  $150 - 170 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  энергии.

Средние многолетние величины солнечной радиации на эту поверхность в среднем за год составляют при ясном небе -  $1750\text{-}1770 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , при средних условиях облачности- $1200\text{-}1250 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ .

В целом за год на  $1 \text{ м}^2$  нормальной к лучам поверхности поступает при ясном небе - от  $3200$  до  $3300 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ , при средних условиях облачности - от  $1700$  до  $1850 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  суммарной радиации. Суммарная радиация поступающая на вертикальную поверхность в мае - июле, существенно больше; при ясном небе -  $370\text{-}380 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , при средних условиях облачности - около  $250 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  за месяц.

Как показывает исследование, Саратовская область обладает значительными ресурсами солнечной энергии. Она может в этом регионе эффективно преобразовываться не только в тепловую (для горячего водоснабжения и отопления с помощью СК), но и в электрическую с

использованием СБ.

Для оценки запасов потенциальной (теоретической) солнечной энергии  $A(n)$  в исследуемом регионе воспользуемся формулой:

$$A(n) = N \cdot S,$$

где:  $N$  - годовой поток солнечной энергии на горизонтальную площадь  $1 \text{ м}^2$  (в  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ );  $S$  - площадь исследуемого региона (в  $\text{м}^2$ ).

Подставляя в формулу численные значения ее параметров для Саратовской области ( $N = 1200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности,  $S = 100,2 \text{ тыс. км}^2$ ), получим:  $A(n) \sim 120 \cdot 10^{12} \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ . Учитывая, что  $8140 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 1 \text{ т у.т.}$ , потенциальные гелиоресурсы данного региона можно оценить в  $14,8 \cdot 10^9 \text{ т у.т. в год}$ . Таким образом, для производства такого количества электроэнергии на тепловых электростанциях пришлось бы ежегодно сжигать около 15 млрд т топлива. Если сравнить полученную величину гелиоэнергопотенциала с фактическим потреблением энергии (11 млрд  $\text{кВт}\cdot\text{ч}$  в год), то можно сделать вывод, что потенциальные запасы солнечной энергии превышают потребность ее (на сегодняшний день) в десятки тысяч раз.

Разумеется, что вышеприведенная оценка является верхним предельным уровнем солнечной энергии, который не может быть полностью утилизирован. В реальных условиях приходится учитывать коэффициент полезного действия (КПД) солнечных батарей  $k$  и занятую ими ограниченную площадь  $S$ . Поэтому формула для расчета утилизируемой солнечной энергии с помощью СБ будет иметь вид:

$$A(y) = k \cdot N \cdot S$$

Воспользуемся этой формулой для оценки величины электроэнергии, которую можно получить в условиях Саратовской области. Анализ формулы позволяет сделать вывод, что при сравнительно мало меняющихся по территории и во времени ее параметрах энергия должна зависеть в основном от площади солнечных батарей. Поэтому выполним расчеты, предполагая вполне



реальную площадь СБ, приходящуюся на одного человека и равную  $4 \text{ м}^2$ . В этом случае среднегодовая утилизируемая солнечная энергия  $A(y)$  при  $\kappa=0,1$  для всех жителей Саратовской области (2,5 млн человек) будет равна:

$$A(y) = 0,1 \cdot 1200 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 10^6 = 1,2 \cdot 10^9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Сравнивая ее с уровнем суммарного энергопотребления, видно, что при использовании в Саратовской области солнечных батарей общей площадью  $10 \cdot 10^6 \text{ м}^2$  (всего 0,01% площади региона) они могут замещать более 10% необходимой электрической энергии. При этом экономия топлива составит около сотни тонн в год.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящее время используется лишь ничтожная часть солнечной энергии из-за того, что существующие солнечные батареи имеют сравнительно низкий коэффициент полезного действия и очень дороги в производстве. Однако не следует сразу отказываться от практически неистощимого источника чистой энергии: по утверждениям специалистов, гелиоэнергетика могла бы одна покрыть все мыслимые потребности человечества в энергии на тысячи лет вперед. Возможно, также повысить КПД гелиоустановок в несколько раз, разместив их на крышах домов и рядом с ними, обеспечим обогрев жилья, подогрев воды и работу бытовых электроприборов даже в умеренных широтах, не говоря уже о тропиках. Для нужд промышленности, требующих больших затрат энергии, можно использовать километровые пустыри и пустыни, сплошь уставленные мощными гелиоустановками. Но перед гелиоэнергетикой встает множество трудностей с сооружением, размещением и эксплуатацией гелиоэнергоустановок на тысячах квадратных километров земной поверхности. Поэтому общий удельный вес гелиоэнергетики был и останется довольно скромным, по крайней мере, в обозримом будущем.

Таким образом, введение в строй и эксплуатация солнечных коллекторов и солнечных батарей может внести существенный вклад в энергопотребление и экономию топлива в Саратовской области. Что же касается зависимости солнечной энергии от погодных условий, то ее можно уменьшить, используя в

периоды пасмурной погоды другие виды альтернативной энергии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Энциклопедия климатических ресурсов РФ. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 319 с.
- 2 Абдарахманов, Р. С. Возобновляемые источники энергии / Р.С. Абдарахманов Р.С., Ю.П. Переведенцев. Казань: Изд-во КГУ, 1992. 130 с.
- 3 Альтернативная энергетика [Электронный ресурс] URL: <http://aenergy.ru/solnechnye-batarei> (дата обращения 10.04.2018) Заглавие с экрана. Яз. рус.
- 4 Экология и технологии экономики [Электронный ресурс] URL: <http://www.ecoteco.ru/id855> (дата обращения 10.04.2018) Заглавие с экрана. Яз. рус.
- 5 Экология и технологии экономики [Электронный ресурс] URL: <http://www.ekip-projects.ru/2/2.shtml> (дата обращения 10.04.2018) Заглавие с экрана. Яз. рус.
- 6 Экология и прогресс [Электронный ресурс] URL: <http://ecozone.crimea.ua> (дата обращения 10.04.2018) Заглавие с экрана. Яз. рус.
- 7 Рыхлов, А. Б. Природные возможности гелиоэнергетики в Саратовской области / А.Б. Рыхлов, С.А. Волков, Тверской А.К. // VIII Международный симпозиум «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» С. 321-327.
- 8 Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 12. Ч. 1-6. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
- 9 Переведенцев, Ю.П. Климатически ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможность их использования в энергетике / Ю.П. Переведенцев, А.А. Николаев. Казань: Изд-во КГУ, 2002. 118 с.
- 10 Руководство гидрометеорологических станциям по актинометрическим

- наблюдениям М.: Гидрометеиздат, 1973. 224 с.
- 11 Энергетика в России: перспективы использования [Электронный ресурс]  
URL: <http://www.hevelsolar.com/solar> (дата обращения 10.04.2018)  
Заглавие с экрана. Яз. рус.
  - 12 Использование солнечной энергии в России [Электронный ресурс]  
URL:<http://foraenergy.ru/ispolzovanie-solnechnoj-energii-v-rossii/> (дата обращения 10.04.2018) Заглавие с экрана. Яз. рус.
  - 13 Алексеев, В. В. Эволюция биосферы. Перспективы использования солнечной энергии / В.В. Алексеев // Достижения и перспективы. 1981. Вып. 19. №7. С. 53-62.
  - 14 Алексеев, В. В. Перспективы развития альтернативной энергетики и ее воздействие на окружающую среду. / В.В. Алексеев, К.В. Чекарев, Н.А. Рустамов и др. М.-К.: ЭКОСИ, 1999. 152 с.
  - 15 Щеголев, Д. М. Выбор схемы потребления энергии солнечной тепловой станции / Д.М. Щеголев // Теплоэнергетика. 1960. Вып. 2. С. 43-51.
  - 16 Рыхлов, А. Б. Гелиоэнергетические ресурсы Саратовской области / А.Б. Рыхлов, С.А. Волков, А.К. Тверской // Энергосбережение в Саратовской области. №3(29). 2007. С. 29-33.
  - 17 Атлас ветрового и солнечного климатов России. СПб: Изд. ГГО, 1997.
  - 18 Справочник по климату СССР. Вып. 12. Ч 1. Л.: Гидрометеиздат. 1966.
  - 19 Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. СПб: Гидрометеиздат, 2005. 319 с.
  - 20 Русин, Н.П. Прикладная актинометрия / Н.П. Русин. Л.: Гидрометеиздат. 1979. 232 с.
  - 21 Пивоварова, З. И. Радиационные характеристики климата СССР. / З.И. Пивоварова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 335 с.
  - 22 Вейнберг, Б. П. Опыт климатологических характеристик района для удовлетворения запросов гелиотехники / Б.П. Вейнберг, Р.Э. Соловейчик // Метеорол. вестник. 1933. № 1-2. С. 35-38.
  - 23 Вейнберг, Б. П. Желтый уголь / Б.П. Вейнберг. Л.: Изд. КЕПС АН СССР,

1929.64 с.

- 24 Беляев, Ю.М. Гелиоаэродинамические электростанции / Ю.М. Беляев //Автономная энергетика. 1990. С. 54-59.
- 25 Беляев, Ю. М. Концепция альтернативной экологической безопасности энергетики. / Ю.М. Беляев. Краснодар: Сов. Кубань. 1999. 64 с.
- 26 Сергин, С. Я. Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья / С.Я. Сергин. СПб: РГГМУ, 2001. 188 с.
- 27 Исаев, А. А. Экологическая климатология / А.А. Исаев. М.: Науч. мир, 2001.386 с.
- 28 Попов, М. А. Инженерная защита окружающей среды: Ч. 2. Решение экологических проблем в отдельных производствах: Учеб. пособие. / М.А. Попов. М.: МГУП, 2000. 210 с.
- 29 Природные ресурсы, их использование и охрана. Т. 3. М.: Городец, 2004. 659 с.