

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

О.П. Мешик¹, М.В. Борушко¹, В.А. Морозова¹

¹*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе анализируются климатические ресурсы, потенциально необходимые для эффективного развития гелиоэнергетики в Беларуси. Установлена пространственно-временная изменчивость радиационного режима, включающая энергетическую освещенность и прозрачность атмосферы, продолжительность солнечного сияния, облачность и другие факторы.

Ключевые слова: *энергетическая освещенность, продолжительность солнечного сияния (ПСС), облачность.*

Summary. The work presents an analysis of climate resources that can potentially be used for the efficient development of solar power in Belarus. The authors determine space-time variability of such parameters as solar irradiance, atmosphere transparency, sunshine duration, cloud cover patterns, etc.

Key words: *solar power potential, solar irradiance, sunshine duration, cloud cover.*

Введение. Республика Беларусь старается диверсифицировать источники необходимой ей энергии, поэтому вместе с традиционными источниками развиваются и возобновляемые. В настоящее время в Беларуси доля возобновляемых источников энергии составляет 5,1% [1]. К 2035 году запланировано довести этот показатель до 9%. Развитие гелиоэнергетики позволяет частично уйти от зависимости цен на углеводороды поставщиков-монополистов, при этом обеспечив максимальную экологичность получения энергии. Уже сейчас в Беларуси эксплуатируется 110 гелиоустановок суммарной мощностью около 250 МВт. Для обеспечения эффективного применения технологии получения солнечной энергии на территории Беларуси необходимо научно обоснованное исследование таких особенностей ее климатических условий, как пространственная изменчивость факторов, влияющих на энергетическую освещенность земной поверхности.

Методы. Целесообразность развития гелиоэнергетики на конкретных территориях следует оценивать с использованием теплоэнергетических ресурсов климата, куда относятся характеристики радиационного режима, являющиеся производными от солнечного излучения [2]. В распределении солнечной энергии и превращениях ее в атмосфере, на земной поверхности участвует множество факторов. Основные из них [3]: состояние облачности; профили температуры, водяного пара и озона; наличие пыли и дымки в атмосфере; спектральные свойства подстилающей поверхности; концентрация в атмосфере CO₂; атмосферное давление на уровне поверхности Земли и др.

В настоящей работе использованы данные, характеризующие радиационный режим территории Беларуси, облачность и атмосферные явления [4]. Временные ряды приняты за репрезентативный 41-летний период 1979–2019 гг. по 11 метеостанциям, где проводится регистрация актинометрических характеристик. В данной работе реализованы методы статистической обработки экспериментальных данных, в частности: регрессионный анализ, анализ временных рядов, пространственное обобщение метеорологической информации и др. Также использованы методы аналитических расчетов и картографирования.

Результаты и обсуждение. Обоснование применения гелиоэнергетических устройств, эффективность их работы зависят от ряда метеорологических факторов, среди которых интенсивность солнечной радиации (кВт/м²) и продолжительность солнечного сияния.

Данные о солнечной радиации характеризуют различные периоды: год, сезон, месяц, декаду, сутки. В работе [5] отмечается, что разномасштабная изменчивость прихода солнечной радиации в гелиоэнергетических расчетах учитывается неодинаково. Однако мы считаем, что суточная дифференциация является наиболее приемлемой. Суточные значения позволяют перейти к декадным, месячным и годовым.

В виду ограниченности актинометрических данных нами разработана методика расчетов суточных величин суммарной солнечной радиации [6, 7]. Рассчитанные месячные и годовые суммы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Суммарная солнечная радиация, МДж/м²

Месяц													
Метеостанция	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Минск	58	127	276	420	571	615	608	494	329	190	79	37	3804
Брест	73	143	291	431	576	618	610	500	341	206	94	51	3933
Гомель	71	140	288	429	575	618	610	499	389	203	92	49	3912
Гродно	59	129	278	422	573	619	610	494	330	191	80	37	3822
Витебск	46	116	265	414	571	621	610	488	328	177	67	25	3729
Могилев	57	127	277	422	574	619	609	492	327	188	78	35	3805

Для анализа природного гелиоэнергетического потенциала территорий принято его представлять в единицах его интенсивности в КВт*ч/м². В этой связи применяется соотношение 1 КВт*ч/м² = 3,6 МДж/м². В соответствии с критериями Б.П. Вейнберга [8] суммарная солнечная радиация считается «технически приемлемой», когда ее интенсивность составляет 0,60 КВт/м² и более. Выполненные расчеты показали, что в декабре и январе данный показатель для территории Беларуси не обеспечивается. Например, для Минска он составляет 0,34 и 0,54 КВт*ч/м² в день, соответственно. Наибольший показатель 5,69 КВт*ч/м² в день – в июне (таблица 2).

Таблица 2 – Интенсивность суммарной солнечной радиации в день, КВт*ч/м²

Месяц													
Метеостанция	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Минск	0,5	1,3	2,5	3,9	5,1	5,7	5,5	4,4	3,0	1,7	0,7	0,3	2,9
Брест	0,6	1,4	2,6	4,0	5,2	5,7	5,5	4,5	3,2	1,8	0,9	0,5	3,0
Гомель	0,6	1,4	2,6	4,0	5,2	5,7	5,5	4,5	3,1	1,8	0,8	0,5	3,0
Гродно	0,5	1,3	2,5	3,9	5,1	5,7	5,5	4,4	3,1	1,7	0,7	0,3	2,9
Витебск	0,4	1,1	2,4	3,8	5,1	5,8	5,5	4,4	3,0	1,6	0,6	0,2	2,8
Могилев	0,5	1,3	2,5	3,9	5,1	5,7	5,5	4,4	3,0	1,7	0,7	0,3	2,9

Расчеты показали, что «технически приемлемая» радиация на территории Беларуси имеет место от 289 (Браслав) до 321 (Брагин) дней в году (79–88 %). Ее распределение носит широтный характер. С 14–30 ноября по 12-28 января на территории Беларуси не обеспечивается интенсивность солнечной радиации 0,60 КВт/м². Однако в целом, необходимо признать достаточно высоким гелиоэнергетический потенциал Беларуси, несмотря на определенные сезонные различия.

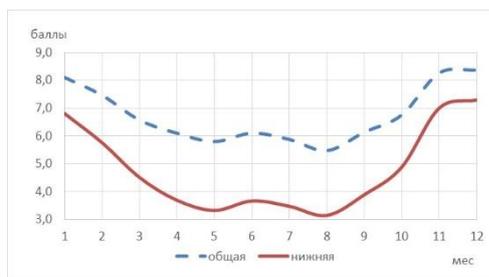
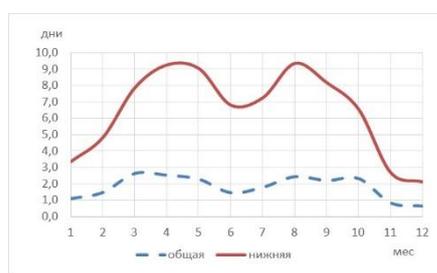
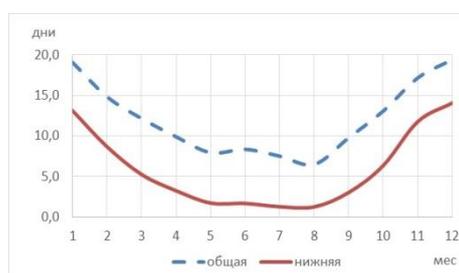


Рисунок 1 – Внутригодовой ход общей и нижней облачности на территории Беларуси

На рисунке 1 представлен внутригодовой ход облачности, осредненный по территории Беларуси. Он отображает наиболее типичную картину для северной части Европы – наименьшие значения облачности приходятся на теплый период, с некоторым увеличением в июне и резким ростом в зимний период. Адекватно внутригодовому ходу облачности следует среднее число ясных и пасмурных дней в году (рисунок 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Число ясных (а) и пасмурных (б) дней в году по различным категориям облачности на территории Беларуси

Наибольшее количество ясных дней приходится на теплый период с апреля по сентябрь с некоторым уменьшением в июне за счет складывающегося режима атмосферных осадков. Число ясных дней в году косвенно может свидетельствовать о перспективах развития гелиоэнергетики. Многими авторами отмечается, что наибольшая эффективность работы солнечных панелей обеспечивается при числе ясных дней по нижней облачности в году более 200 [9]. Однако на территории Беларуси данный показатель в среднем немногим более 60. Достигая лишь в отдельные годы 100–105 дней по отдельным метеостанциям.

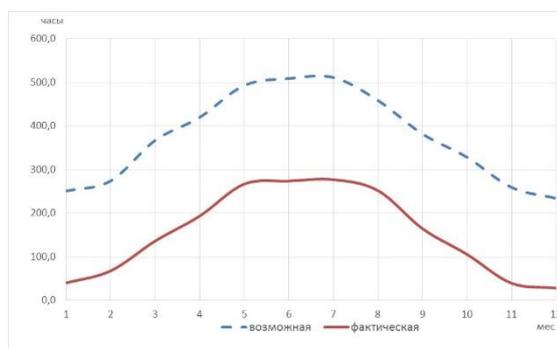


Рисунок 3 – Возможная и фактическая ПСС на территории Беларуси

На рисунке 3 приведен внутригодовой ход возможной и фактической ПСС на территории Беларуси, который показывает, что ПСС минимальна в декабре – феврале, а максимальна в мае – августе [10]. В работе [11] отмечается, что оптимальная эффективность работы практически всех гелиоустановок достигается при продолжительности солнечного

сияния более 250 часов в месяц. Причем, не является важным распределение характеристик радиационного режима в течение дня, а важным являются их месячные, годовые суммы, когда можно судить о реальном гелиоэнергетическом потенциале. 220–225 часов ПСС в месяц также позволяют считать эффективность работы гелиоустановок удовлетворительной. Этот критерий в Беларуси обеспечивается с апреля по сентябрь, а ПСС более 250 часов месяц наблюдается с мая по август. В отдельные годы фактическая ПСС может превышать 420 часов в июле, июне, и, снижаться до значений менее одного часа в декабре. Возможная ПСС на территории Беларуси составляет 4495 ± 10 часов в год. На севере она больше, что обусловлено рефракцией. Поэтому различия в действительной ПСС определяются режимом облачности. Средняя годовая ПСС увеличивается с севера, северо-запада на юг, юго-восток, примерно на 7%: от 1740 (Лида, Ошмяны) до 1870 часов (Брагин) (рис. 4) [7].

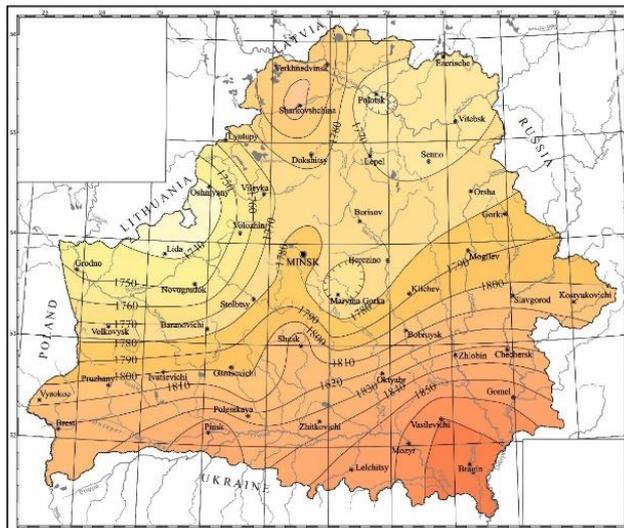


Рисунок 4 – Продолжительность солнечного сияния на территории Беларуси, часов в год

На рисунке 5 представлена временная изменчивость ПСС в Минске по месяцам в часах. В большую часть месяцев года имеет место положительные тренды – наибольшие в сентябре и июне. Однако в феврале, октябре, ноябре, декабре имеет место уменьшение месячных сумм ПСС. Такие тенденции наблюдаются на всех метеостанциях Беларуси.

На территории Беларуси имеет место увеличение годовой ПСС по всем метеостанциям в среднем на 46 часов за 10 лет (от 20 в Верхнедвинске до 77 часов в Ошмянах) (рисунок 6) [3]. Это говорит о том, что климатические условия становятся более благоприятными для развития гелиоэнергетики.

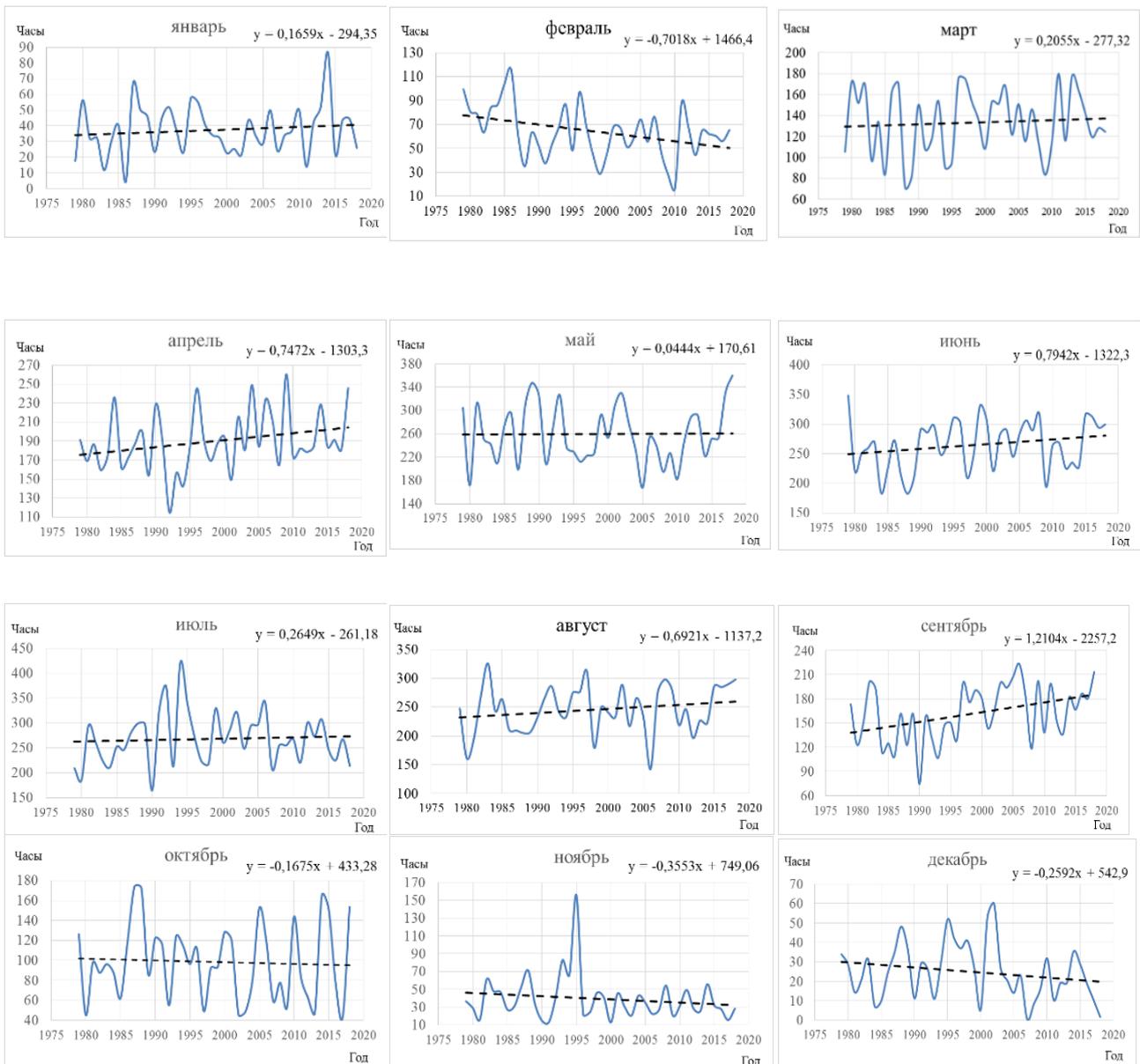


Рисунок 5 – Временная изменчивость ПСС в Минске по месяцам, в часах

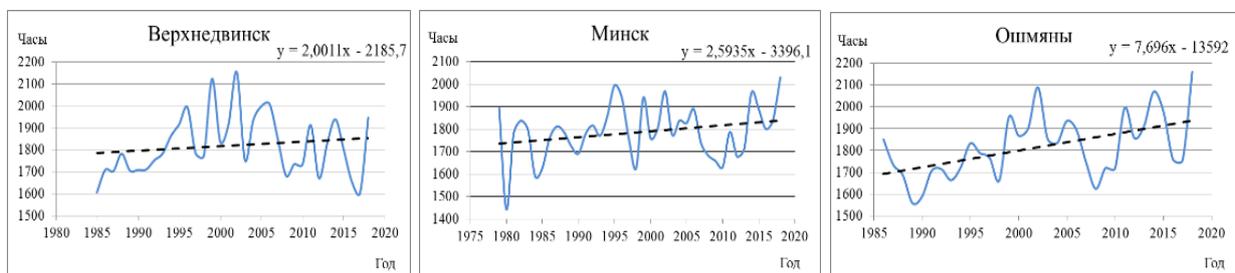


Рисунок 6 – Временная изменчивость ПСС на территории Беларуси

Заключение. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что гелиоэнергетических ресурсов в Беларуси достаточно для развития энергетики, однако они распределены в течение года неравномерно. Анализ временных рядов исследуемых характеристик за 40-летний период с 1979 по 2019 годы показал, что наиболее эффективным

периодом для эксплуатации солнечных электростанций и других гелиоустановок является февраль-ноябрь. В декабре и январе суммарная солнечная радиация не достигает необходимого показателя в 0,60 кВт/м², поэтому генерация электричества от солнечных электростанций нецелесообразна.

Литература

1. Врублевский, Б.И. Направления использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии в Республике Беларусь/ Б.И. Врублевский, И.В. Сенько // Потребительская кооперация. – 2015. – № 2. – С. 27-32.
2. Meshyk, A. Thermal Resources of the Climate of West Polesie, Belaru / A. Meshyk, M. Sheshka, M. Barushka // 7th International Congress on Energy and Environment Engineering and Management (СІЕМ7) : Abstracts Book, Canary Islands, Spain, 17-19 July 2017. – Las Palmas (Spain), 2017. – P. 94-95.
3. Мешик, О.П. Перспективы развития солнечной энергетики в Республике Беларусь/ О.П. Мешик, М.В. Борушко // Сб.: Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : Материалы IV Международной научно-практической конференции, приуроченной к 1000-летию г. Бреста, 12–14 сент. 2019 г. – Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 2 – С. 250-253.
4. Климатический кадастр Республики Беларусь. Метеорологический ежемесячник. – Минск : Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 1979–2019 гг.
5. Пашинский, В.А. Оценка падающей солнечной радиации на горизонтальную поверхность территории в условиях Республики Беларусь/ В.А. Пашинский, А.А. Бутько, А.А. Черкасова // Экологический вестник. – 2015. – № 2 (32). – С. 77-82.
6. Мешик, О.П. Исследование и моделирование составляющих теплоэнергетических ресурсов климата Беларуси/ О.П. Мешик // Сб.: Рациональное использование природных ресурсов : Материалы Международной конференции «Научные аспекты рационального использования природных ресурсов», Брест, 20–22 окт. 1998 г. – Брест, 1998. – С. 40-50.
7. Мешик, О.П. Оценка гелиоэнергетических ресурсов климата Беларуси/ О.П. Мешик, М.В. Борушко, В.А. Морозова // Вестник БрГТУ. – 2020. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 93-99.
8. Вейнберг, Б.П. Гелиоэнергетические ресурсы СССР/ Б.П. Вайнберг // Атлас энергетических ресурсов СССР. – М.; Л. : Объединенное научно-техническое издательство, 1935. – Т. 1. – Ч. III. – Гидроэнергетические, ветроэнергетические, гелиоэнергетические ресурсы. – 127 с.
9. Невидимова, О.Г. Климатические условия развития гелиоэнергетики на территории Западной Сибири/ О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – Ч. 2.
10. Barushka, M. Thermal resources of climate of Belarus and their application in «Green» energy industry/ M. Barushka // Actual environmental problems : proceedings of the IX International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students. – Minsk, 21–22 November 2019. – P. 142.
11. Носкова, Е.В. Природный гелиоэнергетический потенциал Забайкальского края/ Е.В. Носкова // Географический вестник. – 2017. – № 4 (43). – С. 105-112.
12. Экологическая безопасность жизнедеятельности человека/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Н.Н. Казачёнок и др. – Рязань : РГАТУ, 2017. – 196 с.