

## ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

**Я.А. Нейштадт, М.Ю. Червяков**

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,  
Саратов, Россия  
chervyakovmu@mail.ru

## USING SATELLITE AND GROUND-BASED OBSERVATIONS TO ASSESS CLIMATIC POTENTIAL FOR DEVELOPMENT OF HELIOENERGY IN THE SOUTHEASTERN PART OF EUROPEAN RUSSIA

**Ya.A. Neishtadt, M.Yu. Chervyakov**

Saratov State University, Saratov, Russia  
chervyakovmu@mail.ru

**Аннотация.** В работе обсуждаются вопросы оценки климатических условий для решения задач солнечной энергетики на юго-востоке европейской территории России. Проведен сравнительный анализ наземных актинометрических данных Мирового Радиационного Центра Главной Геофизической Обсерватории и данных спутникового проекта CERES (NASA). На основе многолетних спутниковых данных для юго-востока европейской территории России исследована их сезонная и пространственная изменчивость. В результате проведенного анализа были раскрыты некоторые особенности поступления солнечной энергии. Выполненное районирование Саратовской области с использованием программы MapInfo на основе данных спутникового проекта CERES, что позволило дифференцировать территорию по особенностям радиационного режима. Сделан вывод о наиболее подходящей территории для расположения гелиоэнергетических станций.

**Ключевые слова:** гелиоэнергетика, солнечная энергия, суммарная солнечная радиация.

**Abstract.** The article discusses the assessment of climatic potential for the solution of problem of solar energy in the South-east of the European territory of Russia. A comparative analysis of ground-based actinometrical data of the World Radiation Center (Main Geophysical Observatory) and data from the satellite project CERES (NASA) was carried out. Based on long-term data for Southeast of the European territory of Russia, studied their seasonal and spatial variability. The analysis revealed some peculiarities of the income of solar energy in the region. Complete zoning study area using the MapInfo soft based on satellite data allowed to differentiate the territory for the characteristics of the radiation regime. The conclusion about the most suitable territory for the location of solar power stations was made.

**Keywords:** helioenergy, solar power, solar insolation.

### ВВЕДЕНИЕ

При проектировании и определении места размещения гелиоэнергетических установок необходимо ориентироваться на метеорологические и климатические условия, учитывая их особенности. К основным показателям, учитываемым при установке солнечных электростанций и панелей, служат данные о временных и пространственных вариациях потоков солнечной радиации.

В данной работе обсуждаются вопросы оценки климатических условий для решения задач солнечной энергетики, особенности пространственно-временного распределения показателей режима излучения на юго-востоке европейской территории России (ЮВ ЕТР) на примере городов: Астрахань, Волгоград, Саратов, Самара и в более подробный анализ для территории Саратовской области по данным измерений на актинометрических станциях и данных спутникового проекта CERES (NASA). В качестве основного показателя рассматривается суммарная солнечная радиация, на основе многолетних данных которой для ЮВ ЕТР исследована ее сезонная и территориальная изменчивость.

### СПУТНИКОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Современные глобальные и региональные изменения, происходящие в климатической системе, требуют

оценки пространственно-временной изменчивости основных климатообразующих факторов и, в частности, радиационного баланса подстилающей поверхности. Измерение радиационного баланса входило в программу основных наблюдений сетевых актинометрических станций СССР, а в дальнейшем России. Плотность актинометрической сети изначально была недостаточна для освещения всех регионов. В последние десятилетия на многих станциях в связи с состоянием приборной базы прекратились наблюдения за радиационным балансом (РБ). Изучение географических закономерностей распределения РБ и его климатических изменений стало невозможным по материалам непосредственных актинометрических наблюдений [Червяков, 2019], требуется применение иных подходов. Большие возможности обеспечения надежной информацией в регионах, где наземные измерения редки или вовсе отсутствуют, открываются в связи с использованием спутниковых данных. Сохранить многолетние ряды значений РБ в пунктах, где закончились его непосредственные измерения, но ведутся наблюдения за другими радиационными характеристиками, возможно с помощью расчетных методов [Горбаренко, 2017].

К примеру, на географическом факультете СГУ им. Н.Г. Чернышевского продолжают исследования составляющих радиационного баланса Земли (РБЗ) на основе данных, получаемых с российских гидро-

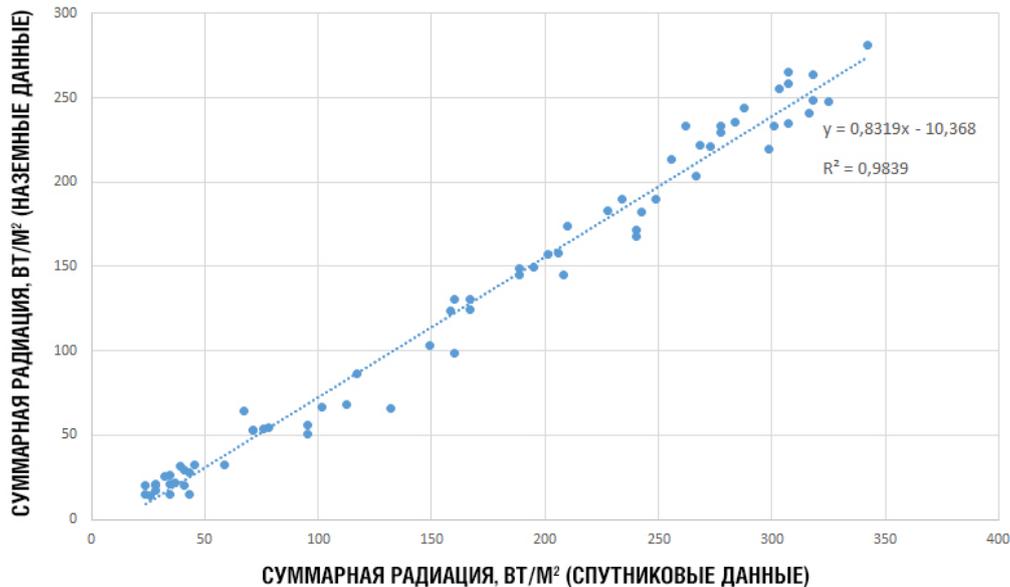


Рис. 1. Корреляционная диаграмма по данным актинометрической станции и спутниковых измерений NASA (Aqua) в Самаре за период 2012–2017 гг.

метеорологических космических аппаратов нового поколения. На сегодняшний момент успешно работают два прибора, сконструированные профессором Ю.А. Скляровым: ИКОР-М (Измеритель коротковолновой отраженной радиации), установленный на борту гелиосинхронного ИСЗ «Метеор-М» № 2, и ИСП-2М (Измеритель солнечной постоянной) — на борту геостационарного ИСЗ «Электро-Л». За годы работы измерителей собран большой массив данных по отдельным элементам РБЗ, который позволил провести ряд исследований изменчивости земной климатической системы [Скляров, 2012].

Существенно дополняют наблюдения наземной сети спутниковые данные, но их усвоение и обработка могут представлять проблему для пользователей. Большие возможности оценки радиационных характеристик и их пространственной изменчивости открываются в связи с предоставлением в открытом доступе базы спутникового проекта NASA — Clouds and the Earth’s Radiant Energy System (CERES) [<https://ceres.larc.nasa.gov>] и др.

### СРАВНЕНИЕ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ДАННЫМИ СПУТНИКОВОГО ПРОЕКТА CERES

Наиболее полные архивы данных актинометрических наблюдений сосредоточены в мировых радиационных центрах ВМО. Один из крупнейших центров расположен в Главной геофизической обсерватории им. Воейкова. Данный центр аккумулирует актинометрическую информацию и ежегодно публикует бюллетени, содержащие информацию о солнечной радиации по станциям на сайте [[http://wrdc.mgo.rssi.ru/wwwrootnew/wrdc\\_ru\\_new.htm](http://wrdc.mgo.rssi.ru/wwwrootnew/wrdc_ru_new.htm)].

В данной работе для сопоставления со спутниковыми данными проекта CERES использованы массивы измерений по станции Самара за период с 2007 по 2018 г. Коэффициент корреляции для Самары составил 0.99 (рис. 1).

Наземные актинометрические и спутниковые данные хорошо согласуются, что позволило вывести уравнение взаимосвязи данных рядов по суммарной солнечной радиации.

Проведенные сравнения позволили сделать вывод о пригодности спутниковых данных проекта CERES для оценки изменчивости суммарной радиации для любой географической точки в пределах наблюдаемости спутниковых радиометров.

Для оценки пространственно-временного распределения суммарной солнечной радиации на ЮВ ЕТР по данным CERES за 2007–2018 гг. были выбраны города Самара, Саратов, Волгоград и Астрахань.

К примеру, для Саратова наибольшее значение отмечаются в июне — июле каждого года. Самое максимальное значение для данного пункта отмечено в июне 2015 г. и составило 349 Вт/м<sup>2</sup>. Минимальные значения отмечаются в декабре каждого года.

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ СУММАРНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Для характеристики, поступающей на территорию Саратовской области солнечной радиации, использовались величины суммарной солнечной радиации в разные временные интервалы. Для этих целей с использованием программы MapInfo проведено районирование Саратовской области на основе данных измерений суммарной радиации проекта CERES.

В качестве примера, на рис. 2 представлена карта распределения суммарной солнечной радиации в июне 2018 г.

Анализ всех ежемесячных карт распределения суммарной радиации на территории Саратовской области выявил существенную пространственную и сезонную изменчивость.

Южные районы можно с полным правом отнести к солнечным регионам. Здесь приход солнечной ра-

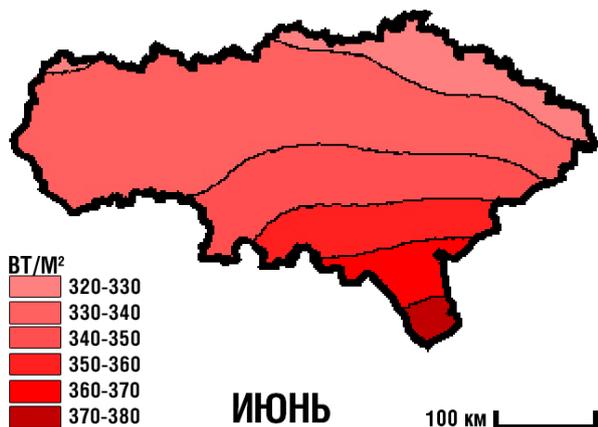


Рис. 2. Карта распределения суммарной солнечной радиации на территории Саратовской области в июне 2018 г. по спутниковым измерениям CERES

диации в зимние месяцы колеблется от 30 Вт/м<sup>2</sup> до 70 Вт/м<sup>2</sup>, а в летние от 340 Вт/м<sup>2</sup> до 410 Вт/м<sup>2</sup>. Центральная часть Саратовской области характеризуется средними значениями солнечной радиации, летом значения суммарной радиации колеблется от 340 Вт/м<sup>2</sup> до 390 Вт/м<sup>2</sup>, зимой от 10 Вт/м<sup>2</sup> до 50 Вт/м<sup>2</sup>. Север Саратовской области характеризуется низкими значениями, зимой от 10 Вт/м<sup>2</sup> до 40 Вт/м<sup>2</sup>, летом от 320 Вт/м<sup>2</sup> до 380 Вт/м<sup>2</sup>. Наиболее благоприятный период для функционирования гелиоустановок — июнь–июль, когда ежемесячная суммарная радиация составляет в среднем 360 Вт/м<sup>2</sup>.

Проведенные исследования позволяют детализировать климатические условия освоения одного из самых масштабных возобновляемых энергетических ресурсов Саратовской области. Энергетическая освещенность поверхности за летние месяцы в крайних северных районах не превышает 320 Вт/м<sup>2</sup>, а на юге региона достигает 410 Вт/м<sup>2</sup>. На территории наиболее перспективных районов (в первую очередь, это Алтайский район) возможно создание крупных гелиосистем, которые глобально решат вопрос снабжения энергией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горбаренко Е.В. Использование измеренной, расчетной и спутниковой информации для определения радиационного баланса земной поверхности // Тезисы международного симпозиума «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД-2017). 2017. С. 163–164.

Мировой центр радиационных данных. URL: [http://wrdc.mgo.rssi.ru/wwwrootnew/wrdc\\_ru\\_new.htm](http://wrdc.mgo.rssi.ru/wwwrootnew/wrdc_ru_new.htm) (дата обращения: 29.04.2019).

Скляр Ю.А., Воробьев В.А., Котума А.И. и др. Алгоритм обработки данных наблюдений уходящей коротковолновой радиации с ИСЗ «Метеор-М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 3. С. 83–90.

Скляр Ю.А., Воробьев В.А., Котума А.И. и др. Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ «Метеор-М» № 1. Аппаратура ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 2. С. 173–180.

Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А. Акцинометрические методы измерений : учебно-методическое пособие для студентов географического факультета. Саратов: Наука, 2019. 50 с.

Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES). URL: <https://ceres.larc.nasa.gov> (дата обращения: 23.04.2019).