

**СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ НА КРЫШАХ ТЕПЛИЦ.
РЕСУРСЫ ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ИЗРАИЛЕ.**

**SOLAR PANELS ON THE ROOF OF GREENHOUSES.
RESOURCES OF GREEN ENERGY IN ISRAEL.**

Козлов Александр

М-р. Ашдод, Израиль.

Email: kavkas@ukr.net, tel.: +(972)535320164

Козлов Михаил

Ph.D. Директор Института интеграции и профессиональной адаптации, Нетания, Израиль.

Email: 19mike19k@gmail.com tel.: +(972)527052460

Файнберг Владимир

Ph.D. Иерусалим, Израиль.

E-mail: faynbergv@yahoo.com tel.: +(972)72543027456

Kozlov Alexandr

M-r. Ashdod, Israel.

Email: kavkas@ukr.net тел.: +(972)535320164

Kozlov Michail

Ph.D. Director of the Institute of integration and professional adaptation, Netanya, Israel

E-mail: 19mike19k@gmail.com tel.: +(972)527052460

Faynberg Vladimir

Ph.D. Jerusalem, Israel

E-mail: faynbergv@yahoo.com tel.: +(972)72543027456

Аннотация.

Несмотря на большое количество пустынь, пригодных для солнечных панелей, Израиль предпочитает землесберегающие технологии (даже если они дороже). Поэтому двойное использование площадей и поиск альтернативных мест для солнечных панелей - являются приоритетом. В настоящем сообщении рассмотрена нетрадиционная возможность расположения солнечных панелей на крышах теплиц.

Ключевые слова: Полупрозрачные органические солнечные элементы, умные теплицы, фотосинтез.

Abstract.

Despite the large number of deserts suitable for solar panels, Israel prefers land-saving technologies (even if they are more expensive). Therefore, the double use of space and the search for alternative places for solar panels is a priority. This paper considers the unconventional possibility of arranging solar panels on the roofs of greenhouses.

Key words: Translucent organic solar cells, smart greenhouses, photosynthesis.

Израиль имеет неоспоримые преимущества по возможности использования солнечной энергии по сравнению с европейскими странами, так как имеет намного больше солнечных дней, однако существенно отстает от этих стран по использованию солнечной энергетики. Так, отдавая приоритет развитию газовой отрасли, по установленному правительством плану, к 2030 году Израиль должен был получать лишь 17 процентов электроэнергии с использованием всех возобновляемых источников. Чувствуя такое отставание, в декабре 2019 г. министр энергетики Юваль Штайниц пообещал довести эту цель до 25-30% [1].

Традиционно солнечную энергетику связывали с необходимостью использовать большие площади для размещения на них полей с солнечными элементами. Первое такое солнечное поле в Израиле и на всем Ближнем Востоке было запущено во Всемирный день окружающей среды 5 июня 2011 года. В январе 2020г. Министерства финансов и энергетики Израиля совместно с Израильским коммунальным управлением электроэнергетики разместили тендер на строительство и обслуживание 300-мегаваттной солнечной электростанции. Она должна стать крупнейшим производителем солнечной энергии в стране. Объект площадью 3 квадратных километра расположен недалеко от города Димона на юге страны. Его строительство планируется завершить в 2023 году [1]. По оценке, для обеспечения энергетических нужд Израиля потребуются поля с солнечными панелями шириной в 4 км, проходящие через всю страну с севера на юг или занимающие квадрат 27 на 27 км (6 площадей Иерусалима).

Израиль - небольшая страна с ограниченными ресурсами во многих областях, таких как питьевая вода, вода для сельского хозяйства, экологического кризиса на Мертвом Море. Ограниченные ресурсы плодородной земли для сельского хозяйства, ограниченные ресурсы земли для размещения растущего населения страны и пустыни тоже являются такими потенциальными ресурсами. Эти ограничения связаны и усиливают друг друга. Поэтому все решения и предложения, включая «очевидные» требуют комплексного анализа, и далеко не все из них оказываются приемлемыми. По этой причине Израиль находится и будет находиться в постоянном поиске новых подходов и решений для выхода из многомерного ресурсного кризиса.

Исходя из этого многие специалисты негативно относятся к выработке зеленой электроэнергии с помощью полей с большой площадью солнечных панелей, даже в пустыне, считая это нерациональным. Так, в докладе Министерства охраны окружающей среды, опубликованном в январе 2020 года, говорится о том, что планируемая выработка электроэнергии за счет солнечной радиации должна происходить исключительно за счет использования солнечных батарей, установленных на зданиях, теплицах и других объектах инфраструктуры, без использования открытых участков городских и сельскохозяйственных земель [2].

Подобных взглядов придерживается команда ученых организации Heschel, руководимая защитником окружающей среды д-ром Шахаром Долевым. По их мнению цели энергообеспечения должны быть достигнуты путем более творческого внедрения солнечной энергии: над гаражами, крышами, встроенными панелями на стенах, на военных базах, над дорогами, промышленными парками, водохранилищами, общественными зданиями, аэропортами и многим другим. При этом исключается использование полей с солнечными панелями и предполагается использование сельскохозяйственных угодий двойного назначения с массивными навесами с солнечными панелями над засаженными полями с панелями.

В качестве рационального способа размещения объектов зеленой энергетики с получением большого количества электроэнергии и достижения при этом многопараметрического эффекта в [3] рассмотрено размещение солнечных панелей над дорогами и вдоль них, а также на автостоянках.

Ограниченные ресурсы земли и воды в Израиле привели к развитию тепличного сельского хозяйства, позволившему максимально повысить эффективность землепользования при снижении потребления воды. Сейчас общая площадь теплиц в Израиле превышает 30 кв. км.

Современные израильские теплицы представляют собой высокотехнологичные автоматизированные комплексы, управляемые специальными компьютерными программами, гарантирующие высокую урожайность, не зависящую от неблагоприятных природных факторов. Особое внимание уделяется поддержанию температуры, необходимой для комфортных климатических условий. Большинство современных теплиц оборудованы принудительной вентиляцией, специальными солнцезащитными шторами и теплосберегающими экранами, которые автоматически перемещаются в зависимости от интенсивности солнечной радиации. Используются водосберегающие технологии (капельное орошение, системы контроля расхода воды, компьютеризированные системы насосов, подача необходимых для растений минеральных веществ, растворенных в поливной воде). Используются специальные пластиковые покрытия (пленка) для теплиц, которые корректируют спектр проходящего света и влияют на рост растений. Они фильтруют и преобразовывают вредное ультрафиолетовое излучение в инфракрасное, усиливая фотосинтез. Недавно разработанные специальные сетки, защищают теплицы при проветривании от насекомых-вредителей. Это уменьшает ущерб, причиняемый растениям насекомыми, а также уменьшает потребность в химических обработках. Современная умная теплица позволяет полностью управлять большинством технологических параметров. Результатом является значительное увеличение производства продукции [4].

Теплицы значительно повышают эффективность использования сельскохозяйственных земель. Однако они также потребляют значительно больше энергии, чем обычные фермерские хозяйства, отчасти из-за кондиционирования тепличного пространства, использования насосных систем. Одним из способов смягчения увеличения потребления энергии является интеграция солнечных модулей в конструкцию теплицы. Полупрозрачные органические солнечные элементы (OSC) являются особенно привлекательными, учитывая, что их спектральное поглощение может быть настроено так, чтобы минимизировать ослабление солнечного света по фотосинтетически активному спектру растений. Это предоставляет значительную возможность для продвижения экологически устойчивого сельского хозяйства. [5].

Самые необходимые области солнечного спектра для растений – оранжевая (0,63-0,59 мкм) и красная (0,77-0,63 мкм). Эти лучи поставляют энергию для процесса фотосинтеза. Также в фотосинтезе непосредственное участие принимают и синие, а также фиолетовые лучи (0,49-0,38 мкм). Кроме того, в их функции входит стимулирование образования белков и регулирование скорости роста растения. Только желтая и зеленая области спектра (0,59-0,49 мкм) не являются жизненно важными для развития растений. На рис. 1 показаны части солнечного спектра, воспринимаемые растениями. [6].



Рис. 1. Части солнечного спектра воспринимаемые растениями [4].

Солнечное излучение, прошедшее через земную атмосферу, имеет спектральное распределение, показанное на рис. 2. [7]. Рентгеновское излучение поглощается в ионосфере азотом, кислородом и др. атмосферными компонентами. Большая часть ультрафиолетового излучения поглощается озоном. На длинах волн более 2,5 мкм, ввиду низкого уровня внеземного излучения, а также сильного поглощения CO_2 , очень малая часть такого излучения достигает земли. Таким образом, с точки зрения наземного применения солнечной энергии необходимо учитывать только излучение с длинами волн от 0,29 до 2,5 мкм.

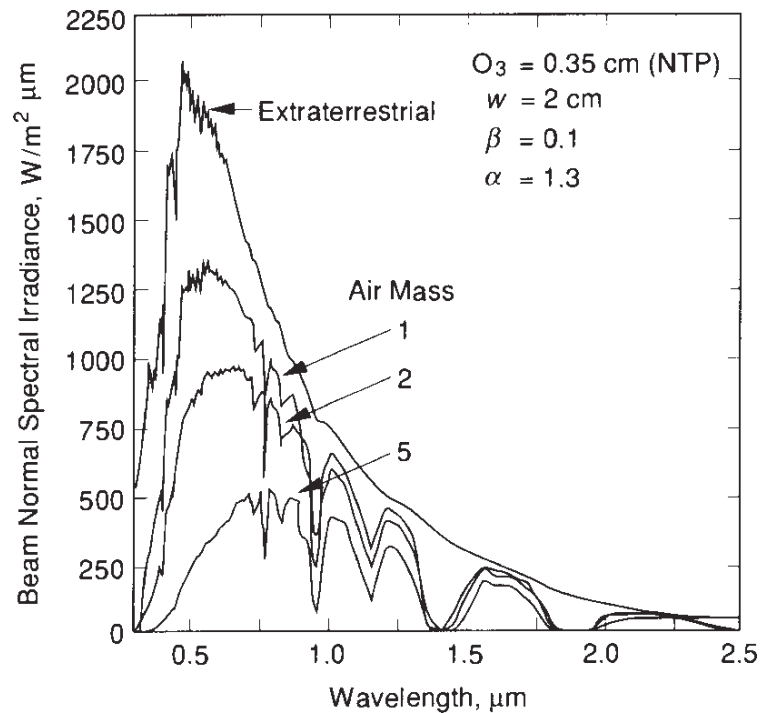


Рис.2. Пример спектрального распределения интенсивности излучения для воздушных масс 0, 1, 2 и 5 [7].

Наибольшую интенсивность непрерывный спектр имеет в области длин волн 0,43–0,50 мкм. Около 9 % энергии в солнечном спектре приходится на ультрафиолетовое излучение с длинами волн от 0,10 до 0,40 мкм. Остальная энергия разделена приблизительно поровну между видимой (0,40–0,76 мкм) и инфракрасной (0,76–5,00 мкм) областями спектра.

Как видно наибольшая интенсивность солнечного излучения находится в области зеленого и желтого излучения, не являющихся жизненно важными для развития растений.

Технология изготовления полупрозрачных органических солнечных элементов (OSC) позволяет производить настройку спектрального поглощения так, чтобы преобразовывать солнечную энергию в этих областях спектра, а также в большей части инфракрасного и ультрафиолетового излучения, и пропускать фотосинтетическую область спектра.

Ученые из Университета штата Северная Каролина провели модельное исследование использования прозрачных солнечных панелей для преобразования солнечной энергии из области солнечного спектра, которую растения не используют для фотосинтеза. Об этом сообщается на сайте Университета [8]. И по словам соавтора исследования Брендан О'Коннор «Растения используют только несколько длин волн света для фотосинтеза, и идея состоит в том, чтобы создать теплицы, которые производят энергию из этого неиспользованного света, в то же время пропуская большую часть фотосинтетической полосы света. Мы можем сделать это, используя органические солнечные элементы, потому что они позволяют нам настраивать спектр света, который поглощает солнечный элемент, - поэтому мы можем сосредоточиться на использовании в основном длин волн света, которые не используются растениями».

Для оценки того, сколько энергии может вырабатывать теплица, если на ее крыше будут установлены полупрозрачные органические солнечные элементы, и будет ли этой энергии достаточно, чтобы компенсировать количество энергии, необходимое теплице для эффективной работы, исследователями были созданы вычислительные модели. Такие модели использовались ими для оценки энергопотребления теплиц, выращивающих помидоры в Аризоне, Северной Каролине и Висконсине [8].

Процесс моделирования является сложным, потому что существует сложный компромисс между количеством энергии, которое генерируют солнечные элементы, и количеством света в фотосинтетическом диапазоне, который они пропускают. По сути, если производители готовы идти на уменьшение получаемого урожая, снижением количества энергии необходимого для фотосинтетического роста, они могут генерировать больше электрической энергии. Солнечные элементы, используемые для моделирования, также являются эффективными изоляторами, потому что они не пропускают инфракрасный свет, преобразуя его в электрическую энергию. Это помогает охладить теплицы летом, а зимой улавливать больше тепла. В Аризоне теплицы могут стать энергетически нейтральными, не требуя внешнего источника энергии и при этом блокируя только 10% фотосинтетической полосы света. Однако, если производители хотят блокировать больше фотосинтетического света, они могут генерировать вдвое больше энергии, чем требуется для работы теплицы.

Большая часть территории Израиля находится южнее штата Аризона, поэтому результаты моделирования, проведенного учеными Университета штата Северная Каролина, показывают, что использование полупрозрачных органических солнечных панелей на крышах израильских теплиц позволит обеспечить автономное электроснабжение тепличных хозяйств.

На территории Израиля годовая поверхностная плотность падающего потока солнечного излучения составляет около 2000 кВт/кв.м [9]. Суммарная доля солнечного излучения в зеленой, желтой и инфракрасной областях спектра составляет 0,546 % оптического окна (0,29–2,5 мкм) [7]. Общая площадь теплиц в Израиле превышает 30 кв. км. При КПД органических

панелей 15% [10] ожидаемая средняя мощность массива солнечных панелей на теплицах составит до 563 МВт. Получаемая с помощью солнечных панелей электроэнергия может быть эффективно использована в умных теплицах в системах контроля и регулирования для обеспечения нужной температуры, влажности и других важных параметров парниковой среды в пределах некоего гомеостаза, динамично изменяющегося по мере развития растений.

Для тепличного хозяйства площадью 10 дунамов (1га) средняя мощность солнечных панелей может составить до 188 кВт. Внутреннее энергопотребление теплицы складывается из затрат на кондиционирование и вентиляцию – до 50 кВт, затрат на капельное орошение – до 30 кВт, затрат на электропривод, контрольно-измерительные приборы и автоматику – до 10 кВт, затрат на освещение – до 30 кВт. Общее энергопотребление, примерно, может составлять до 120 кВт. Следовательно, около 68 кВт «зеленой» электроэнергии можно будет поставлять в израильскую электросеть. В целом по стране, производство дополнительной «зеленой» электроэнергии может составить до 203 Мвт.

Дополнительным преимуществом установки полупрозрачных солнечных панелей на крышах теплиц является сохранение целевого назначения земельных участков, на которых стоят теплицы. Следовательно, при росте тепличного хозяйства производство «зеленой» электроэнергии будет возрастать.

Рассмотренные в [8] солнечные панели в перспективе могут быть использованы также в навесах над сельскохозяйственными полями. Создание таких конструкций позволит достичь тройного эффекта. Помимо значительной выработки электроэнергии в дневное время это позволит повысить урожайность и создать более комфортные условия труда для фермерских работников, как минимум за счет снижения влияния солнечной радиации и температуры под навесами.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Abramowitz Y.I. Arava region of Israel about to be 100% solar powered. Jerusalem Post. FEBRUARY 5, 2020
2. Gutman L., Pick A. In 10 Years, Israel Wants Nearly Half its Electricity to Be Solar. 23.01.2020. <https://www.calcalistech.com/ctech/articles/0,7340,L-3781010,00.html>
3. Козлов А., Козлов М. Многосторонний эффект от размещения объектов солнечной энергетики на автодорогах и автостоянках. Ресурсу зеленой энергетики в Израиле. 15.02.2020. <http://netanyascientific.com>
4. http://alecon.co.il/article/greenhouse-israeli_technology.html
5. Eshwar Ravishankar, Ronald E. Booth, Carole Saravitz, Heike Sederoff, Harald W. Ade, Brendan T. O'Connor. Achieving Net Zero Energy Greenhouses by Integrating Semitransparent Organic Solar Cells // Joule, 2020
6. Промгидропоника © 2010–2020 <https://www.promgidroponica.ru>
7. John A. Duffie William A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison. Published by John Wiley & Sons, Inc., New Jersey 2013.
8. Next generation of greenhouses may be fully solar powered. Date: February 7, 2020 Source: North Carolina State University.
9. Solar Energy in Israel by Professor David Faiman. Israel Ministry of Foreign Affairs. 26 Nov2002. <https://mfa.gov.il>.
10. К. Федоров. Установлен рекордный КПД новых органических солнечных элементов. 24.04.18. [hightech.plus https://medium.com/hightech-plus](https://medium.com/hightech-plus).