

**МНОГОСТОРОННИЙ ЭФФЕКТ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА АВТОДОРОГАХ И
АВТОСТОЯНКАХ.
РЕСУРСЫ ЗЕЛЕНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ИЗРАИЛЕ.**

**MULTILATERAL EFFECT FROM PLACING SUNNY ENERGY
OBJECTS ON ROADS AND PARKINGS.
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

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

Аннотация. Рассматривается целесообразность размещения солнечных панелей над автомагистралями, вдоль них, а также на автостоянках, которое может дать значительный многосторонний положительный эффект, заключающийся в выработке экологически чистой электроэнергии, при экономном использовании земли, экономии топлива, снижении вредных выбросов от автомобилей, повышения комфортности проезда по дорогам и другие дополнительные преимущества.

Ключевые слова: автомагистраль, солнечная радиация, энергетический навес, микроклимат в автомобиле, снижение вредных выбросов.

Abstract. The article discusses the feasibility of placing solar panels over highways, along them, as well as in parking lots, which can have a significant multilateral positive effect, which consists in the development of environmentally friendly electricity, with the economical use of land, fuel economy, reduction of harmful emissions from cars, and increased comfort of travel on roads, and other additional benefits.

Key words: motorway, solar radiation, energy canopy, car microclimate, reduction of harmful emissions.

Территория Израиля протянулась на 187 км вдоль Средиземного моря: от границы с Ливаном на севере до Сектора Газа на юге. При этом в центре страны в некоторых местах ширина Израиля не превышает 15 км, что создает затруднения в транспортном сообщении и сказывается на экономическом развитии. Следует отметить, что на Израильской Прибрежной равнине проживает около 70% населения Израиля и по прогнозам в ближайшие 10-20 лет Израиль в прибрежном районе может стать одной из самых густонаселенных стран мира. На территории равнины проложены три автомагистрали. Шоссе №2, расположенное вдоль побережья Средиземного моря от Тель-Авива до Хайфы. Шоссе №4, одно из самых длинных шоссе в Израиле, а также одно из самых оживленных

шоссе в стране. Оно начинается от контрольно-пропускного пункта Эрез на границе с сектором Газа на юге, проходит через всю страну с юга на север и заканчивается на границе с Ливаном в районе Рош-ха-Никра. Шоссе №6, или Трансизраильское шоссе — единственная в Израиле междугородняя платная скоростная дорога - от Бейт-Кама в северном Негеве до Йокнеам-Илит, расположенный на севере страны, недалеко от Хайфы.

На израильских дорогах сегодня находится около 3 млн автомобилей, причем каждый год прирост составляет около 120 000 автомобилей. В результате на каждый километр израильских дорог приходится в четыре раза больше автомобилей, чем в любой другой развитой стране, входящей в Организацию экономического сотрудничества и развития (OECD) [1]. Самые перегруженные дороги - главные причины пробок, особенно в утренние и вечерние часы. Так, в часы пик средняя скорость составляет 20 – 30 км/час. Ущерб от дорожных заторов и пробок в Израиле составляет 25 миллиардов шекелей в год. Такая цифра приведена в отчете государственного контролера. Расчет ущерба складывается из часов, проведенных в пробках, которые представляют собой потерю рабочего времени, лечение заболеваний, вызванных загрязнением воздуха, а также перерасход топлива. По прогнозам министерства финансов, к 2030 году ущерб от пробок составит 40 миллиардов шекелей [2]. На рис.1. показан фрагмент карты (для Прибрежной равнины) среднесуточного объема движения на отдельных участках дорог за пределами городов, с воскресенья по четверг.



Рис.1. Среднесуточный объем движения на дорогах Прибрежной равнины

Уже сегодня дорожная инфраструктура сильно отстает от роста количества автомобилей. С увеличением населения эта проблема будет только возрастать, а возможность отвода земли на новые автодороги будет уменьшаться. Выход из этой ситуации видится в строительстве общегосударственной скоростной автомагистрали на морском шельфе [3], которая позволит решить проблему, и сохранить для гражданского использования значительные территории. Также размещение автомагистрали на расстоянии около 300 м от берега, снизит неблагоприятные факторы – от выхлопных газов двигателей автомобилей, от шума при движении транспорта.

В [3] предложен концептуальный проект по созданию многопрофильного индустриального комплекса в прибрежной зоне средиземноморского побережья Израиля. Такой комплекс будет иметь промышленные зоны на искусственных островах и жилой и оздоровительно-курортный комплекс вдоль берега, а также находящуюся между ними на протяжении всего побережья многофункциональную интеллектуальную систему гидротехнических сооружений (интеллектуальную дамбу). Интеллектуальная дамба (ИД) должна содержать транспортно-логистическую систему, объединяющую берег, оздоровительно-курортный и жилой комплекс, промышленные зоны, а также ряд других объектов. Она должна стать эффективной скоростной транспортной артерией, соединяющей все города побережья и обеспечивающей логистику всего комплекса. Длина транспортной артерии может достигать 180 км.

В [4] было предложено над автомагистралью, проходящей по эстакаде ИД установить энергетические навесы (ЭН). На крыше таких навесов размещаются солнечные панели. При предполагаемой длине в 180 км 10 - полосной автомагистрали, проходящей вдоль всего побережья, и ее ширине равной 50 м, площадь солнечных панелей составит 9 млн. кв. м. На рис.2. показан фрагмент ИД.

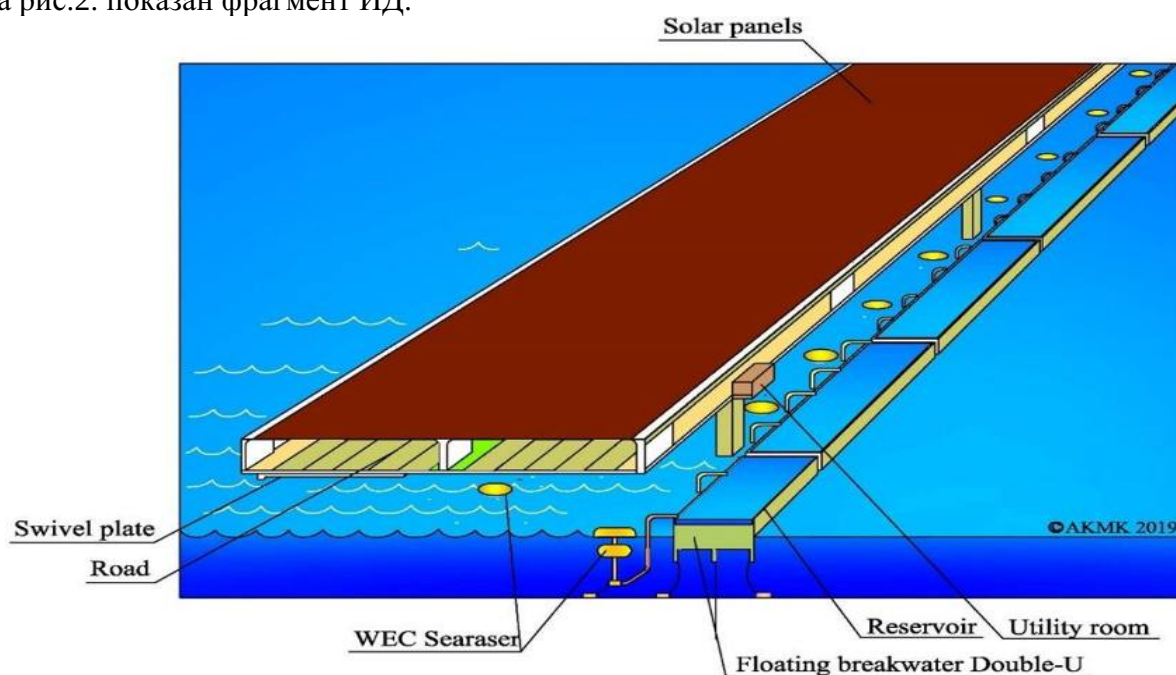


Рис.2. Фрагмент Интеллектуальной дамбы (ИД)

На территории Израиля годовая поверхностная плотность падающего потока солнечного излучения составляет около 2000 кВт/кв.м. [5]. При КПД солнечных батарей 16% ожидаемая средняя мощность массива солнечных панелей на ЭН эстакады ИД составит 329 МВт. При этом, с учетом того, что интенсивность солнечной энергии в полдень близка к 1 кВт/кв.м [6] можно рассчитывать на максимальную мощность ЭН около 1140 МВт, что соизмеримо с мощностью крупных электростанций, в частности, больше мощности Dorad power station в Ашкелоне (840 МВт), и значительно превышает суммарную установленную мощность построенных и планируемую к строительству солнечных электростанций в

пустыне Негев [7], положительно отличаясь от них тем, что для этого не требуется использование больших земельных участков.

Для повышения эффективности выработки электроэнергии предлагается производить охлаждение поверхности солнечных панелей морской водой, подаваемой к навесам насосами. А также использовать аккумуляцию морской воды в дневное время для выработки за счет этого электроэнергии в ночное время. Для очистки поверхности солнечных панелей можно использовать роботизированные системы.

Следует отметить, что КПД солнечных батарей с использованием новых материалов и технологий их производства растет, и соответственно будет повышаться эффективность использования ЭН. Так американский стартап Swift Solar разработал солнечные батареи на основе перовскитной пленки, что позволило повысить их КПД до 37% и в два раза сделать дешевле кремниевых [8]. Совместная разработка исследователей российского НИТУ «МИСиС» и итальянского университета Tor Vergata солнечных батарей на основе перовскита дала возможность значительно повысить надежность их эксплуатации и сделать пригодными к производству. Предполагается, что перовскитные солнечные батареи заменят кремниевые аналоги, поскольку у них значительно выше КПД, они дешевле, легче и их производство нетоксично [9]. При этом толщина пленки может быть порядка 3 мкм. Ученые из Санкт-Петербургского Университета ИТМО разработали солнечный элемент на основе галогенидного перовскита, который может работать как батарея и как светодиод [10]. Это позволяет разработать пленки, которые в дневное время будут вырабатывать энергию, а в темное время суток излучать свет.

Возможность адаптивного регулирования прозрачности перовскитных пленок и их коммутацию на аккумуляцию энергии и излучения света в ночное время позволит создавать необходимый комфорт на дорогах, обеспечивая оптимизацию по освещенности и тепловому режиму на дорогах. Легкие пленки позволят делать конструкции навесов раздвижными, что позволит при необходимости передвигаться по дорогам и транспорту с негабаритными по высоте грузами.

ЭН эстакады ИД будут выполнять также функцию защиты автомагистрали от солнечной радиации, создавая комфортные условия, как для автомобилей, так и для дорожного покрытия.

Подобные ЭН можно будет устанавливать и над другими дорогами страны. В Израиле около 20 тыс. км дорог с твердым покрытием. Если их оборудовать ЭН, то при средней ширине дорог 15 метров общая площадь ЭН составит 30 млн. кв.м. Это позволит иметь дополнительный источник электроэнергии с установленной мощностью 4,8 ГВт, что равно около 20% современной суммарной мощности, производимой в стране электроэнергии.

Помимо установки ЭН над дорогами для получения дополнительной электроэнергии рациональным можно считать размещение солнечных панелей вдоль автомобильных и железных дорог и прилегающих территориях, по примеру того, как это описано в [11]. Так, в Швейцарии уже в 1995 году устанавливались солнечные панели вдоль автомобильных дорог.

Довольно широкое распространение получила установка солнечных панелей на шумозащитных стенах и придорожных откосах. В Бельгии солнечные батареи используют для питания электрифицированной железной дороги Париж-Амстердам. На этой дороге солнечные панели установлены на крыше тоннеля на участке в 3,6 км.

Микроклимат в салоне автомобиля оказывает огромное влияние на состояние водителя и пассажиров. Наиболее благоприятная температура воздуха в салоне автомобиля - 18-25°C. В университете штата Аризона провели исследование, чтобы сравнить, как различные типы автомобилей прогреваются в жаркие дни в тени и при воздействии прямой солнечной радиации. Результаты исследования показали, что: в течение 1 часа температура внутри автомобиля, припаркованного на солнце, при температуре воздуха 35°C, достигла в среднем 47°C. На стоянке в тени, через 1 час температура внутри автомобилей достигла в среднем 38°C. [12].

Следовательно, при движении автомобиля по автомагистрали с ЭН, защищающим от прямой солнечной радиации, температура внутри автомобиля с учетом конвективного обмена с окружающим воздухом не будет превышать температуру воздуха. Средняя температура на Прибрежной равнине от Хайфы до Ашкелона в течение пяти наиболее теплых месяцев от 26°C до 30°C. Среднее потребление топлива системой кондиционирования и вентиляции 0,4 литра на 100 км пути. Учитывая, что кондиционер должен будет снижать температуру в автомобиле всего на 1 –5°C, можно предположить, что потребление топлива снизится до 0,2 литров. Среднесуточный объем трафика на каждом из шоссе №2, 4, 6 составляет от 100000 до 250000 автомобилей [13]. Можно предположить, что по скоростной автомагистрали на морском шельфе среднесуточный объем трафика составит 250000 автомобилей. Средний годовой пробег автомобиля составляет 16800 км, следовательно, в день пробег составит 46 км. Отсюда, можно предположить, что экономия топлива составит 0,084 литра на автомобиль, или 21000 литров на 250000 автомобилей. Т.к. при сгорании 1 литра бензина образуется 16 куб.м выхлопных газов (CO,CO₂,NO_x,SO_x,) [14], то их выброс в атмосферу снизится на 336000 м³. При установке ЭН над всеми главными дорогами страны количество выхлопных газов может снизиться примерно на 3, 4 млн. куб.м.

Благодаря ЭН, защищающему от прямой солнечной радиации дорожное покрытие, улучшится температурный режим дороги. Используя уравнение теплового баланса для стационарных условий [15] получаем, при температуре воздуха 30°C, при прямой солнечной радиации на широте Израиля, температуру поверхности дорожного асфальтобетонного покрытия равную 56°C. При использовании ЭН в качестве экрана от прямой солнечной радиации, температура поверхности будет близка к температуре воздуха.

Согласно исследованию, проведенному Национальной лабораторией Лоуренс Беркли, поверхность большинства городов Америки - от 35 до 50% - это тротуары и дорожки. Из них 40% - это парковочные места. А это значит, что летом асфальт поглощает огромное количество солнечной энергии, сохраняя тепло. Это приводит к повышению температуры воздуха в городах. Борьба с этим явлением предложили при помощи ЭН с солнечными панелями. Эти панели способны не только поглощать солнечную энергию, делая температуру в городах комфортнее, но и заряжать электромобили [16]. На рис. 3 показана автостоянка с ЭН. На рис. 4 – парковочные места около жилого дома в Ашдоде.



Рис. 3. Автостоянка с энергетическим навесом



Рис. 4. Парковочные места около жилого дома в Ашдоде.

Во Франции, в городе Корбас построена солнечная электростанция из навесов на автостоянке мощностью 16,3 МВт. Бюджет городской СЭС составил 19,1 млн евро, а ее строительство продолжалось пять месяцев. Занимая 12,5 гектара и 4600 парковочных мест, новая солнечная установка является крупнейшим автомобильным проектом, построенным в стране [17]. На рис.5 показана автостоянка с энергетическими навесами в г. Корбас.



Рис.5. Автостоянка с энергетическими навесами в г. Корбас

Дополнительным преимуществом энергетических солнечных навесов на автостоянках является то, что они не меняют целевого назначения земельных участков, на которых установлены. Также, защищая автомобили от солнечного нагрева, ЭН способствуют уменьшению несчастных случаев от перегрева в салоне автомобиля.

Подводя итоги, следует отметить, что использование системного трансдисциплинарного подхода [18] к рациональному размещению объектов зеленой

энергетики позволит добиться эффекта многопараметрической оптимизации [19], целевой функцией которой можно рассматривать создание комфортного оазиса вдоль дорог. И, как результат, применение солнечных панелей над дорогами и вдоль них, а также на автостоянках может дать следующий многосторонний значительный положительный эффект:

1. Позволит вырабатывать электроэнергию, по количеству соизмеримую работе нескольких крупных электростанций,

2. Позволит более рационально использовать земляные ресурсы Израиля, позволяя использовать планируемые для расположения солнечных электростанций участки земли под другие нужды,

3. Обеспечит экономию энергоресурсов, затрачиваемую на выработку электроэнергии и на работу кондиционеров в автомобилях,

4. Улучшит экологическую обстановку на автомобильных дорогах и прилегающих территориях за счет снижения выбросов от сжигаемого топлива и снижения испарений от нагретого асфальта,

5. Увеличит продолжительность эксплуатации дорожного покрытия,

6. Повысит безопасность на дорогах,

7. Повысит комфортность проезда по дорогам,

8. Положительно повлияет на сохранении здоровья участников транспортного движения.

Для реализации предложенного требуется проработка конструктивных решений, позволяющих производить устойчивое крепление ЭН над дорогами с учетом всех особенностей их размещения.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Асаф Загрязак. Самые перегруженные дороги: главные причины пробок. Вести. 08.03.17.
2. Реувен Вис. Израильские водители каждый день стоят в пробках 700.000 часов. Вести. 28.03.17.
3. Gurevich V., Kozlov A., Kozlov M. Concept of development the Mediterranean coastal territory of Israel. Journal "Scientific Israel - Technological Advantages" Vol.20, № 2, 2018. P.39-46.
4. Kozlov A., Kozlov M. About the Sea Intellectual Complex of Ashdod. IIADS. 11.07.2019. <http://israscience.wix.com/iiads>.
5. Solar Energy in Israel by Professor David Faiman. Israel Ministry of Foreign Affairs. 26 Nov 2002. <https://mfa.gov.il>.
6. Duaa Nassar, Hammam Bshara. Solar Energy in Israel. Weizmann Institute of Science. <https://www.weizmann.ac.il/sites/AERI/file>.
7. In Israel, Big Solar Field Begins to Rise. 27.12.2016. helioscsp.com > in-israel-big-solar-fieldbegins-to.
8. SWI FT SOLAR создал солнечные батареи нового поколения, которые в два раза дешевле кремниевых. Building TECH. 04.06.2019.
9. Сидоров В. В России создали новое поколение солнечных батарей с рекордной эффективностью. Nauka.tass.ru. 15.09.2019.
10. Ученые ИТМО описали, как повысить эффективность солнечных батарей на основе перовскитов. ITMO.NEWS. 1.10.2019. news.ifmo.ru > science > photonics > news.
11. Танклевский М. Солнечные электростанции вдоль дорог. Информационно-аналитический бюллетень № 8. 2013.
12. Jennifer K. Vanos, Ariane Middel, Michelle N. Poletti, Nancy J. Selover. Evaluating the impact of solar radiation on pediatric heat balance within enclosed, hot vehicles. Temperature, 2018.
13. Statistical abstract of Israel 2012.
14. Анфимов В., Гольдман Е. Автотранспорт и экология городов Израиля. 2012.
15. Simplified Solar Heating Model by Ephraim M. Sparrow, University of Minnesota www.solarattic.com > engineer > scientific_model.

16. Нечет Т. В США автомобильные парковки покрывают солнечными панелями. КП в Украине. 2015.
17. Во Франции огромную автостоянку превратили в солнечную электростанцию мощностью 16,3 МВт. ЭкоТехника. 20.04.2019.
18. Mokiý, V.S. (2019). Systems Transdisciplinary Approach in the General Classification of Scientific Approaches. European Scientific Journal. Vol. 15, no 19, ESJ July Edition, pp. 247-258. DOI: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n19p247>.
19. Козлов М. Поиск оптимальных решений многокритериальных задач. Журнал Вестник Житомирского Государственного Технологического университета. - 2011. - №4(59). - С.59-65.