

# Источники и способы передачи энергии – глобальные решения

---

**Стребков Дмитрий Семёнович**

**Федеральный научный  
агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Россия**

*E-mail: nauka-ds@mail.ru*



**Аннотация.** В статье представлено интервью зам. главного редактора журнала «Окружающая среда и энерговедение» К.С. Дегтярева с академиком РАН Дмитрием Семёновичем Стребковым, научным руководителем Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, зав. Международной кафедрой ЮНЕСКО «Возобновляемая энергетика и сельская электрификация».

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, солнечные электростанции, глобальная энергетическая система, передача энергии, технологии Н. Теслы.

## **1. Новые подходы и глобальные решения в солнечной энергетике**

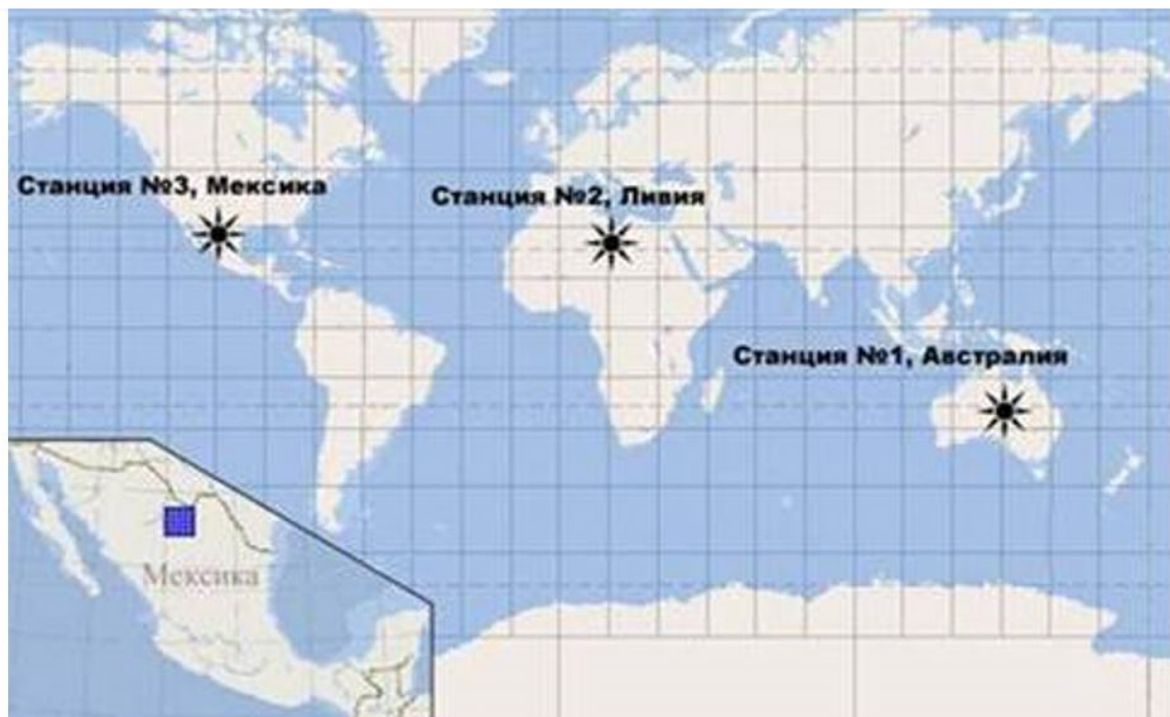
***Дмитрий Семёнович, какими Вы видите перспективы мировой энергетики?***

Скажу, что возобновляемая энергетика – это самый «раскрученный» тренд в энергетике, это очевидно. Просто делается много ошибок. И поэтому возникают такие казусы, как замёрзший Техас. Но, если делать всё по-умному, то ничего этого не будет.

***А как сделать по-умному?***

Мы предложили, запатентовали и опубликовали свой проект ещё в 2003 году [1], устраняющий очевидные недостатки солнечной энергетике. У нас много публикаций на эту тему. Мы предложили глобальную солнечно-энергетическую систему, которой не нужны аккумуляторы, где солнце светит круглосуточно и круглогодично.

Принцип такой: чтобы не было зимы, мы ставим станции в Северном и Южном полушарии, чтобы не было ночи, мы ставим их через 1200 по широте. Тогда солнце находится одновременно не менее, чем над двумя станциями. Мы выбрали пустыни: Сахара, пустыни в Австралии и Мексике, где, по данным метеонаблюдений за последние 70 лет, самый высокий приход солнечной радиации (рис. 2).



**Рис. 2.** Глобальная солнечная энергетическая система из трёх солнечных станций [2]

После проведения расчётов выяснилось, что нам надо поставить всего 3 станции мощностью по 2,5 тераватт каждая — всего 7,5 ТВт. Каждая станция займёт около 60 тыс. км<sup>2</sup>, или квадрат примерно 200х300 км. Этой мощности хватило бы, чтобы обеспечить всё потребление электроэнергии человечеством, и такую систему очень легко приспособить к росту энергопотребления, наращивая новые модули по мере необходимости.

*Примечание. В 2003 году мировое годовое потребление электроэнергии составило около 17 000 ТВтч [3]. Выработка такого количества электроэнергии комплексом станций общей мощностью 7,5 ТВт возможна при среднем коэффициенте использования установленной мощности (КИУМ), равном 26%. К 2020 году мировое производство и потребление энергии выросло в 1,6 раза и достигло 27 000 ТВтч.*

**Но как построить и обслуживать эти мощности, и как обеспечить достаточно высокий КИУМ?**

Да, понятно, что предложить мало, надо ещё подумать, как это легко осуществить. Мы начали с кремния. Его потребуется много, но его много и в земной коре, состоящей из кремния на 20%. У меня больше 10 патентов дешёвых способов его получения [4]. Это технология, которой пока нет ни у кого в мире.

***И как решить проблему «неэкологичности» производства кремния для солнечных модулей? Это очень энергозатратно, это требует хлора...***

Да. У нас сейчас бесхлорные технологии [5]. Мы получаем из песка чистый кремний и чистим его тоже без хлора, а с помощью этилового спирта. Так что с экологией всё нормально.

Дальше надо было увеличить долговечность солнечных модулей. Обычный срок службы модулей – около 20 лет, потому, что герметизацию между элементами обеспечивает так называемый этиленвинилацетат (ЭВА). Мы придумали замену в виде силиконового резиноподобного герметика – силиконового геля [6]. Срок службы увеличился до 40 лет, хотя мы думаем, что будет 50 лет.

И теперь последнее, что осталось – увеличить КИУМ.

***Да, ведь он у солнечных станций обычно больше 20% не бывает...***

В Германии он в среднем 12%, в Анапе будет, может, 15%, в Египте – 20%. Но мы придумали станцию, где КИУМ будет 45%, и также запатентовали и опубликовали [6]. Ещё в 1967-70 гг. мы разработали новые солнечные элементы [7] – двусторонние. На тот момент мы были первыми в мире. И моей кандидатской и докторской работой в 1980-е были как раз двусторонние солнечные элементы. Сейчас их уже выпускает Китай, Германия, США, но, почему-то, Россия не выпускает.

Что они дают? Чтобы получить большой КИУМ, нужно, чтобы утром солнечный луч как можно раньше попал на элемент. Все станции ставят ориентацией на юг. А мы ставим на восток – это первое отличие. А, поскольку они двусторонние, то естественно, что, когда солнце будет на западе, станция тоже будет до заката получать энергию.

А дальше, чтобы КИУМ увеличить, можно следить за солнцем, но мы считаем, что для больших станций следить за солнцем – это большой элемент ненадёжности. Поэтому мы поставили солнечные модули вертикально, стационарно, с зазором и поставили между ними зеркала. И, когда мы всё это сделали, измерили и посчитали, КИУМ получился равным 45%. Такого в мире не было никогда, и считалось, что это невозможно.

Но, конечно, для этого лучше низкие широты – Сахара, например, с тропическим солнцем. Или, по крайней мере, таким, как наше летнее. Летом у нас солнца не меньше, чем на юге, главная наша проблема – зима.

Попутно, если говорить о зеркальных отражателях и пустынных территориях в низких широтах – у нас есть и проект нивелирования эффекта глобального потепления с помощью установки систем зеркал в определённых районах Земли [8], и наши расчёты показывают его высокую экономическую эффективность.

**Но, насколько я понимаю, в Сахаре могут быть свои проблемы – при высоких температурах ведь продуктивность солнечных батарей снижается.**

Она везде будет снижаться. В принципе, все существующие станции рассчитаны на диапазон температур от -30 до +900 С. А наши модули с силиконовым гелем рассчитаны на диапазон от -60 до +1150 С, т.е. они способны работать и зимой в Якутии, и в Антарктиде, в условиях, когда ЭВА не выдерживает – твердеет и разрывает солнечные элементы.

Итак, возвращаясь к нашему проекту глобальной солнечной энергосистемы – сначала мы думали, что главная проблема – построить эти станции. Но сейчас публикуют прогнозы развития солнечной энергетики, согласно которым общая мощность солнечных станций в мире к 2050 году может достигнуть 19 ТВт.

*Примечание. В 2003 году суммарная установленная мощность солнечных фотовольтаических станций в мире составляла всего 2,6 ГВт, к 2020 году она выросла в 230 раз и достигла 600 ГВт, или 0,6 ТВт [9]. Солнечная энергетика в настоящее время и по прогнозам на ближайшие десятилетия является наиболее динамично растущим направлением возобновляемой энергетики.*

Это в 3 раза больше, чем нужно по нашим расчётам. При этом, 30% всех мощностей будет на крышах — т.е. только на крышах будет больше 7,5 ТВт, которые не будут занимать площади на земле.

Главная проблема – соединить эти электростанции между собой линиями электропередач. Далее их надо включить в общую энергосистему Земли или, хотя бы, соединить между собой.

Сейчас первая ласточка – план крупнейшей в мире солнечной станции – на 10 ГВт и крупнейшей системы аккумуляции в Австралии с передачей энергии по линии постоянного тока протяжённостью 4 500 км в Сингапур – Линия электропередачи Австралия – АСЕАН, или Australia–ASEAN Power Link (AAPL) [10; 11]. Это будет подводная линия, но дальше по Азии по наземным линиям передавать энергию будет уже проще. Перспективны также проекты передачи электроэнергии от солнечных станций из Сахары в Европу и из Средней Азии в Сибирь.

У нас сейчас идут переговоры и исследования с Китаем, предложившим нам ставить крупные ветровые станции на Дальнем Востоке (на Чукотке, на Камчатке) для передачи энергии в Китай, также по линии постоянного тока. Они позволяют перебрасывать энергию на большие расстояния, в том числе с Дальнего Востока в Европу, причём для этого можно использовать инфраструктуру электрифицированных железных дорог, если дополнительно проложить кабель.

## **2. Способы передачи энергии**

Но мы можем предложить и нечто другое. Я имею в виду технологии Николы Теслы – однопроводной и беспроводной, резонансной передачи электроэнергии, которыми я занимаюсь уже много десятков лет. У нас также есть ряд патентов [12; 13], публикаций и перспективных разработок по этой теме, уже заинтересовавших ряд крупных энергетических компаний.

Один из ряда примеров — зарядка электромобиля во время движения [14]. Сейчас главная беда электромобиля — это его аккумулятор. Он очень тяжёлый, у электромобиля Tesla — 500 кг, и дорогой — стоит столько же, сколько сам электромобиль. Например, в московском электробусе стоимость аккумулятора 10 млн. рублей. Если можно подзаряжать его в дороге, он будет уже раза в три меньше по размерам, и стоимость будет раза в три меньше. Это будет тоже очень существенный вклад в развитие электротранспорта. А то, что за ним будущее — это 100%.

***Но Tesla проводил свои эксперименты более 100 лет назад. Их даже не смогли потом повторить в полной мере и, в целом, электротехника пошла по другому пути. С чем это связано?***

Получилось так, что электротехника «ушла» в трёхфазные линии, причём именно Tesla придумал трёхфазные асинхронные двигатели с вращающимся магнитным полем, и дальше всё стало развиваться в этом направлении. А Tesla, почему-то так сложилось, не оставил после себя учеников. Хотя мы этим занимаемся, у меня уже по технологиям Теслы защитились двое аспирантов и один доктор наук, мы выпустили учебник [15], позже неоднократно переиздававшийся. Но, в принципе, это надо преподавать в вузах. Это другая электротехника, с трудом воспринимаемая людьми, которых ещё в школе научили, что ток должен идти по двупроводной линии от плюса к минусу и никак иначе.

Сейчас идеи Теслы лучше воспринимают радисты, у которых любая антенна — это однопроводная линия, есть высокая частота и резонансные контуры, которых нет в традиционной электротехнике. Отмечу, что я преподавал 20 лет на кафедре Основ радиотехники и телевидения, был профессором кафедры и читал свой курс лекций уже с учётом идей Теслы.

Другая проблема, которая также сейчас преодолевается — несовершенство и высокая стоимость материалов и оборудования. Например, когда мы свою первую однопроводную линию делали в 2003 году, мы даже не могли купить преобразователь частоты. Были тиристорные преобразователи с водяным охлаждением, 20 кВт — 400 кг. А сейчас есть, например, преобразователи частоты IGBT, это совсем другая техника — полевые транзисторы с воздушным охлаждением, и весом не 400, а 20 кг. Мы также не могли найти высоковольтный кабель и использовали кабель от систем зажигания автомобилей — ПВ1, 10 кВ, 1 мм, медная жила. А сейчас в свободном доступе силиконовые кабели диаметром всего в 12 мм и не на 10, а на 150 кВ. Короче говоря, техника быстро совершенствуется, и на её современном уровне появляются более широкие возможности использования технологий Теслы.

## Литература

1. Стребков Д.С. (RU), Иродионов А.Е. (RU), Базарова Е.Г. (RU) Солнечная энергетическая система (варианты). Патент RU 2259002 С2. 2003.03.25.
2. Стребков Д.С. Технологии крупномасштабной солнечной энергетики // Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. URL: <https://viesh.ru/pre/renow/sun/str-sunt/>, дата обращения 17.03.2021.
3. BP Statistical Review for World Energy. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, дата обращения – 17.03.2021.
4. Заддэ В.В. (RU), Стребков Д.С. (RU), Стенин В.В. (RU). Способ получения кристаллического кремния высокой чистоты (варианты). Патент RU 2385291.
5. Бесхлорное получение солнечного кремния URL: <https://viesh.ru/chloreless-si-production/>, дата обращения – 17.03.2021.
6. Стребков Д.С., Шогенов Ю.Х., Бобовников Н.Ю. Повышение эффективности солнечных электростанций // Инженерные технологии и системы. – 2020 – т.30, №3 – с. 480 – 497.
7. Стребков Д.С. Матричные солнечные элементы. В 3-х томах. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009-2010 (монография). – Том 1 – 120 с. (7,5 п.л.); том 2 – 228 с. (14,25 печ.л.); – том 3 – 312 с.
8. Стребков Д.С. Проблемы регулирования климата изменением радиационного баланса Земли // Энергетический вестник, №26/2020, с.20-34.
9. IRENA URL: <https://irena.org/solar>, дата обращения – 17.03.2021.
10. Australia – ASEAN Power Link, URL: <https://infrastructurepipeline.org/project/australia-asean-power-link/>, дата обращения – 18.03.2021.
11. Australia fast-tracks plan to send solar power to Singapore URL: <https://www.straitstimes.com/business/economy/australia-fast-tracks-plan-to-send-solar-power-to-singapore>, дата обращения – 18.03.2021.
12. Стребков Д.С., Юферев Л.Ю., Верютин В.И., Роцин О.А., Трубников В.З. Способ беспроводной передачи электрической энергии и устройство для его осуществления. Патент № 2411 142 от 10.02.2011 Бюл. № 4.
13. Стребков Д.С., Трубников В.З., Некрасов А.И., Некрасов А.А., Роцин О.А., Юферев Л.Ю. Электрический высокочастотный резонансный трансформатор (варианты). Патент № 2423 746 от 20.03.2011 Бюл. № 8.
14. Беспроводная зарядка электротранспорта URL: <https://viesh.ru/wireless-charge/>, дата обращения – 18.03.2021.
15. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. – 3-е издание, переработанное и дополненное (монография). – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 352 с.

## References

1. Strebkov D.S. (RU), Irodionov A.E. (RU), Bazarova E.G. (RU). Solar Power System (variants). Patent RU 2259002 C2. 2003.03.25.
2. Strebkov D.S. Technologies of Large-Scale Solar Power Systems // Federal Scientific Agroengineering Center VIM. URL: <https://viesh.ru/pre/renow/sun/str-sunt/>, reference date 17.03.2021.
3. BP Statistical Review for World Energy. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, reference date 17.03.2021.
4. Zadde V.V. (RU), Strebkov D.S. (RU), Stenin V.V. (RU). Recipe of Production of High Purity Crystalline Silicon (variants). Patent RU 2385291.
5. Chlorine-less Production of Solar Silicon. URL: <https://viesh.ru/chloreless-si-production/>, reference date 17.03.2021.
6. Strebkov D.S., Shogenov Yu.Kh., Bobovnikov N.Yu. Improvement of Efficiency of Solar Power Plants // Engineering Technologies and Systems – 2020 – vol.30, №3 – pp. 480 – 497.
7. Strebkov D.S. Matrix Solar Elements. In 3 volumes. – Moscow: GNU VIESH, 2009-2010 (monograph).
8. Strebkov D.S. Problems of Climate Management through the Change of Radiation Balance of the Earth // Energy Bulletin, №26/2020, p.20-34.
9. IRENA URL: <https://irena.org/solar>, reference date 17.03.2021.
10. Australia – ASEAN Power Link, URL: <https://infrastructurepipeline.org/project/australia-asean-power-link/>, reference date 18.03.2021.
11. Australia fast-tracks plan to send solar power to Singapore URL: <https://www.straitstimes.com/business/economy/australia-fast-tracks-plan-to-send-solar-power-to-singapore>, reference date 18.03.2021.
12. Strebkov D.S., Yuferev L.Yu., Veryutin V.I., Roshchin O.A., Trubnikov V.Z. Recipe of Wireless Transmission of Electricity and Its Processing Device. Patent № 2411 142 of 10.02.2011 Bul. № 4.
13. Strebkov D.S., Trubnikov V.Z., Nekrasov A.I., Nekrasov A.A., Roshchin O.A., Yuferev L.Yu. Electric High-Frequency Resonance Transformer. Patent № 2423 746 of 20.03.2011 Bul. № 8.
14. Wireless Charge of Electric Transport. URL: <https://viesh.ru/wireless-charge/>, reference date 18.03.2021.
15. Strebkov D.S., Nekrasov A.I. Resonance Methods of Electricity Transmission and Use. – 3<sup>rd</sup> edition, elaborated and enhanced – Moscow: GNU VIESH, 2008. – 352 p.