

**Коновалов Юрий Васильевич**,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:  
yrvaskon@mail.ru

**Гончаренко Алена Анатольевна, Гончаренко Роман Анатольевич**,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», студенты гр. ЭЭ-23-1,

**Шаура Максим Петрович, Иванов Иван Сергеевич**,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», студенты гр. ЭЭ-23-1

**Петрова Анастасия Владимировна**,  
ГБПОУ ИО «Ангарский политехнический техникум», преподаватель специальных дисциплин,  
АО «Ангарская нефтехимическая компания», специалист 2 категории 5-го электрического рай-  
она Цеха по эксплуатации электрических сетей, e-mail: nastya.surova.98@bk.ru.

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Konovalov Yu.V., Goncharenko A.A., Shaura M.P., Goncharenko R.A., Ivanov I.S., Petrova A.V.**

## **TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SOLAR CONVERTERS FOR ELECTRICITY PRODUCTION**

**Аннотация.** Рассмотрено влияние развития комбинаторности современных полупроводниковых материалов при производстве солнечных преобразователей для производства электроэнергии. Обосновано, что при развитии солнечных преобразователей важное значение имеют инновационные решения по использованию и размещению солнечных панелей на основе солнечных фотоэлементов.

**Ключевые слова:** полупроводниковые материалы, комбинаторность, производство, солнечные преобразователи, инновации в размещении.

**Abstract.** The influence of the development of combinatoriality of modern semiconductor materials in the production of solar converters for the production of electricity is considered. It is substantiated that innovative solutions for the use and placement of solar panels based on solar photocells are of great importance in the development of solar converters.

**Keywords:** semiconductor materials, combinatoriality, manufacturing, solar converters, innovations in placement.

Энергетика – это базовая отрасль экономики современного государства. В последнее десятилетие способы производства энергии в мире меняются в связи с соотношением используемых видов топлива. В структуре генерирующих мощностей электростанций России преобладают тепловые – 68,4 %, атомные – 10,6 % и гидравлические электростанции – 21 %, на возобновляемые источники энергии приходится около – 0,9 % [1, 2]. Россия, так же, как и страны мирового сообщества обеспокоена вопросами экологии и поэтому государство поддерживает технологии возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В особо благоприятных случаях такие источники рассматриваются как конкурентоспособный экономически выгодный ресурс, особенно в сфере автономного энергоснабжения, где находится более 70% территории РФ. Например, труднодоступные регионы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири.

Солнечная энергетика переживает бурный рост, становясь все более важным элементом глобальной энергетической системы. За последние десять лет установленная мощность солнечных электростанций по всему миру увеличилась более чем в 17 раз, взлетев с 41,6 ГВт до впечатляющих 714 ГВт, согласно данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) [2]. Только в 2020 году было добавлено 127 ГВт новых мощностей – показатель, демонстрирующий стремительное развитие отрасли. Этот взрывной рост напрямую связан с увеличением производства солнечных панелей. По оценкам Clean Energy Associates (CEA), глобальные производственные мощности по изготовлению солнечных панелей достигли примерно 400 ГВт к концу 2021 года, а мощности по производству новых элементов для панелей составляли 325 ГВт. Однако, несмотря на впечатляющие цифры, потенциал солнечной энергетике далеко не исчерпан, и ученые активно работают над повышением эффективности солнечных элементов.

История развития солнечной энергетике начинается в 1839 году: Александр Эдмон Беккерель открыл фотоэлектрический эффект (преобразование энергии солнца в электричество). В 1888–1890 годах фотоэффект систематически изучал русский физик Александр Столетов. В 1905 году Альберт Эйнштейн дал теоретическое объяснение всем трем законам фотоэффекта, за что в 1921 году он получил Нобелевскую премию. В 1930-х годах физики СССР во главе с Абрамом Федоровичем Иоффе получили электрический ток, используя фотоэффект (на то время КПД не превышал 1 %). Уже в 70-х годах КПД солнечных панелей был около 10 %, и они активнее начали использоваться на космических аппаратах, однако на Земле их использование было нерациональным, ввиду маленького (по сравнению с другими источниками энергии) КПД и дороговизны.

Стоит отметить, что в середине 90-х годов КПД солнечной панели составлял примерно 15 %, а в начале 21 века его удалось поднять до 20 %. Принцип действия современных солнечных батарей сохранился, несмотря на многолетнюю историю их существования. Усовершенствованию подверглась лишь конструкция и материалы, используемые в производстве, благодаря которым производители постепенно увеличивают такой важный параметр, как коэффициент фотоэлектрического преобразования или КПД устройства. Стоит также сказать, что величина выходного тока и напряжения солнечной батареи напрямую зависит от уровня внешней освещенности, который воздействует на нее [3].

Главная задача разработчиков солнечных панелей состоит в увеличении КПД солнечных панелей. КПД солнечных батарей зависит от различных типов полупроводниковых преобразователей. Исследования эффективности полупроводниковых преобразователей с момента начала их промышленного использования до настоящего времени показывает, что с каждым годом наблюдается рост КПД. Наибольшее значение КПД (до 40 %) солнечных фотоэлементов (СФЭ) было достигнуто для систем на основе полупроводниковых соединений типа

AIIIIV (или A3B5), в то время как для остальных полупроводников КПД в настоящее время не превышает 20-25 %.

Кроме использования новых материалов и соединений при развитии солнечных преобразователей для производства электроэнергии важное значение имеют инновационные решения по использованию и размещению солнечных панелей на основе СФЭ. Например, использование солнечных панелей на крыше здания не всегда вписывается в его архитектурный образ. Компания Tegolasolare первая в мире создала черепицу со встроенными солнечными батареями. В черепицу встраиваются фотоэлектрические модули, а каждая секция этой крыши содержит фотоэлектрическую солнечную батарею. Она выглядит весьма современно, практично и красиво.

Заслуживает внимания появление на рынке солнечных технологий новой разработки американских конструкторов из «Pythagorus Solar Windows». Суть инновации в том, чтобы использовать оконное стекло в качестве панели, добывающей солнечную энергию. Подобные панели по полной используют в высотках европейских городов. Это позволяет существенно экономить электроэнергию. Технология солнечных окон представляет собой использование фотоэлементов в виде кремниевых полос, встроенных между стеклами. Помимо того, что окна будут вырабатывать дополнительную электроэнергию, в дополнение окно будет защищать комнату от перегрева, задерживая солнечный свет. Внешне солнечные окна похожи на привычные жалюзи.

В России, так же, как и в других странах имеются действующие промышленные объекты солнечной энергетики. Среди недостатков солнечной энергетики можно отметить сильную зависимость выработки энергии от погодных условий, сезона, времени суток и дороговизна оборудования и установки.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что у солнечной энергии в России неплохие показатели: суммарный приход солнечной радиации в среднем по стране составляет более 1 кВт/м<sup>2</sup> в год. Вопрос состоит в том, как правильно развивать солнечную энергетику в условиях территориального климата страны. В России развитие солнечной генерации происходит медленно. Основную долю в энергобалансе страны занимают нефть, уголь и газ. Тем не менее, по прогнозу Международного энергетического агентства, доля углеводородного сырья в РФ постепенно снижается, и к 2040 году достигнет 66 %, уступив место альтернативным источникам энергии. Сегодня доля солнечной генерации в энергобалансе страны составляет всего 0,001 %. В сравнении со значением энергобаланса мировой энергетики этот процент довольно мал. Например, Германия имеет самую высокую долю солнечной энергии (21,58 %) в энергетическом балансе, что в несколько десятков тысяч раз превышает российский показатель. Наиболее развитыми регионами нашей страны в отрасли солнечной генерации можно назвать Республику Алтай, Краснодарскую и Белгородскую об-

ласти. Самая крупная на сегодняшний день отечественная солнечная электростанция (СЭС) мощностью 5 МВт была запущена в 2014 году в Республике Алтай – Кош-Агачская СЭС. Не уступают ей и крымские СЭС. В связи с геополитическими проблемами и отсутствием необходимой инфраструктуры Крымский полуостров вынужден опираться на альтернативные источники энергии. «Перово» – самая крупная солнечная электростанция Крыма мощностью 105 МВт.

В заключение следует отметить, что наиболее распространенные виды СФЭ на основе кремния имеют КПД 18-23 % и ведутся разработки по его повышению за счет различных материалов и конструктивных решений с использованием соединений типа АІІІВV: GaAs, GaAlAs, GaInAsP, InAs, InSb, InP, а также использования оксидного неорганического стекла в качестве подложки тонкопленочного СФЭ, что позволяет повысить КПД СФЭ до 40 %. Наиболее перспективными преобразователями солнечной энергии являются тонкопленочные СФЭ на основе аморфного кремния. Их изготавливают на металлической фольге, например, из нержавеющей стали, и полимерных пленках, снабженных металлическим покрытием. Поэтому использование таких подложек совместимо с технологией массового производства гибких СФЭ. Новейшие конструкции, такие как солнечная черепица и солнечное окно, позволяют не только пользоваться доступной электроэнергией, но и лаконично встроить солнечные панели в дизайн фасадов. Все разработки ученых ведут к бурному развитию солнечной энергетики в мире, а также доступности применения солнечных батарей в быту каждому человеку.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Коновалов, Ю.В.** Развитие солнечной энергетики в России и мире / Ю.В. Коновалов, А.А. Козина // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2015. № 9. – С. 156-160.
2. **Коновалов, Ю.В.** Анализ качества электроэнергии на предприятии / Ю.В. Коновалов, И.И. Воробьев // Вестник Ангарской государственной технической академии. 2014. № 8. – С. 57-60.
3. **Коновалов, Ю.В.** Расчет инсоляции солнечной фотоэлектрической электростанции с учетом геолокационных и погодных параметров / Ю.В. Коновалов, А.Н. Хазиев // iPolytech Journal. 2022. Т. 26. № 3. – С. 439-450.