

М.Г. ЗАКЕН, студент гр. ТФ-202 (НАО «Шәкәрім университет»)  
З.Д. УСКЕНБАЕВА, студент гр. ТФ-202 (НАО «Шәкәрім университет»)  
Научный руководитель Е.Н. МЯСОЕДОВА,  
магистр (НАО «Шәкәрім университет»)  
г. Семей

## НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

### **Введение**

На сегодняшний день совершенствование возобновляемых источников энергии считается одной из ключевых задач науки и техники. Особое внимание уделяется солнечной энергетике как наиболее перспективной и экологически чистой области. Тем не менее производительность традиционных солнечных панелей остаётся ограниченной из-за физических и технологических причин, таких как отражение света, потери энергии при преобразовании и деградация материалов. Поэтому перспективным направлением исследований оказывается применение наноматериалов, обладающих уникальными оптическими, электрическими и структурными свойствами. Использование нанотехнологий способствует увеличению коэффициента полезного действия (КПД) солнечных элементов путем оптимизации поглощения света, повышения циркуляции носителей заряда и уменьшения потерь энергии [1].

Цель работы – рассмотрение современных наноматериалов, которые могут использоваться для увеличения производительности солнечных панелей, а также исследование их характеристик и достоинств внедрения в энергетический сектор.

### **Задачи:**

- изучить особенности применения графена;
- определить преимущества перовскитных материалов;
- проанализировать рост КПД при использовании перовскитных материалов.

### **1. Структура и оптические свойства перовскитов для повышения эффективности солнечных панелей**

Одним из наиболее перспективных направлений в сфере фотоэлектрических преобразователей сегодня считаются материалы на основе перовскитов. Перовскиты – это группа соединений с общей формулой  $ABX_3$ , где компонент A – это органический или неорганический катион, компонент B – двухвалентный катион металла, чаще всего свинца или олова, а X – галоген, например иод, бром или хлор. Такая структура придаёт материа-

лу уникальные оптические и электронные свойства, что делает перовскиты чрезвычайно эффективными поглотителями солнечного света. Перовскитные слои толщиной всего несколько сотен нанометров могут поглощать до 90 % падающего излучения, а огромная циркуляция носителей заряда способствует успешному превращению света в электричество [2].

На рисунке 1 показан график изменения КПД солнечных панелей при использовании перовскитных материалов в период с 2010 по 2024 год. Видно, что за этот промежуток времени эффективность панелей устойчиво возрастает. В 2010 году КПД составлял около 5 %, что отражает начальный уровень развития технологий преобразования солнечной энергии. К 2016 году параметр увеличился до 20 %, что связано с внедрением новых материалов и конструкций. В 2020 году эффективность достигла 30 %, что указывает на значительный технологический прогресс в секторе фотоэлектрических элементов.



Рис. 1. Изменение КПД солнечной панели при использовании перовскитных материалов

Тем не менее глобальная интеграция перовскитных технологий сдерживается рядом проблем. Основная из них – нестабильность материала при влиянии влаги, кислорода и ультрафиолетового излучения. В результате этих обстоятельств кристаллическая решётка перовскита деформируется, что приводит к сокращению производительности. Решить эту задачу можно за счёт применения защитных инкапсуляционных слоёв из оксидов алюминия или кремния, а также с помощью замены органических компонентов на более устойчивые неорганические, например катионы цезия. Второй важный вызов – токсичность соединений свинца, входящих в состав большинства перовскитов. Благодаря своей лёгкости, гибкости и

низкой стоимости производства, перовскитные солнечные элементы уже сегодня рассматриваются как основа для прозрачных и гибких фотоэлектрических панелей, которые можно будет интегрировать в окна, фасады зданий и носимые устройства [3].

2. Модифицированные формы графена в структуре современных солнечных технологий.

Одним из современных направлений развития солнечных технологий стало внедрение графена и других углеродных наноструктур. Графен – это монослой атомов углерода, расположенных в форме шестиугольной решётки. Материал отличается выдающимися физическими характеристиками: высокой электропроводностью, значительной подвижностью электронов, прозрачностью выше 97 % и одновременно исключительной прочностью. Благодаря такому сочетанию свойств графен рассматривается как перспективный материал для использования в компонентах солнечных элементов и панелей [4].

Графен может использоваться в качестве прозрачного электрода, заменяя традиционные материалы, такие как оксид индия-олова, которые дороги и хрупки. Благодаря своей гибкости графен особенно эффективен в составе гибких и лёгких солнечных панелей [5].

По данным исследований Кембриджского университета и Сеульского национального университета, применение графеновых электродов в tandemных перовскит-кремниевых ячейках позволило увеличить КПД почти на два процента без удешевления технологии. Более того, полностью гибкие графеновые солнечные элементы сохраняют до девяноста процентов эффективности даже после десяти тысяч циклов изгиба, что открывает путь к созданию гибких энергетических источников нового поколения. В ближайшие годы ожидается активное развитие гибридных структур на основе графена, углеродных нанотрубок и MXene-материалов, которые смогут объединить в себе высокую проводимость, стабильность и прозрачность [6].

На рисунке 2 представлено изменение КПД солнечной панели в зависимости от толщины графенового слоя. По горизонтальной оси отложена толщина слоя в условных единицах, а по вертикальной – значение КПД в процентах. Из графика видно, что с увеличением толщины графенового слоя эффективность солнечной панели возрастает. При толщине около 10 нм КПД стало равным 15%, а при увеличении до 20 нм 25%. Наибольшее значение КПД наблюдается при толщине слоя 30 нм, где оно составляет 40%.

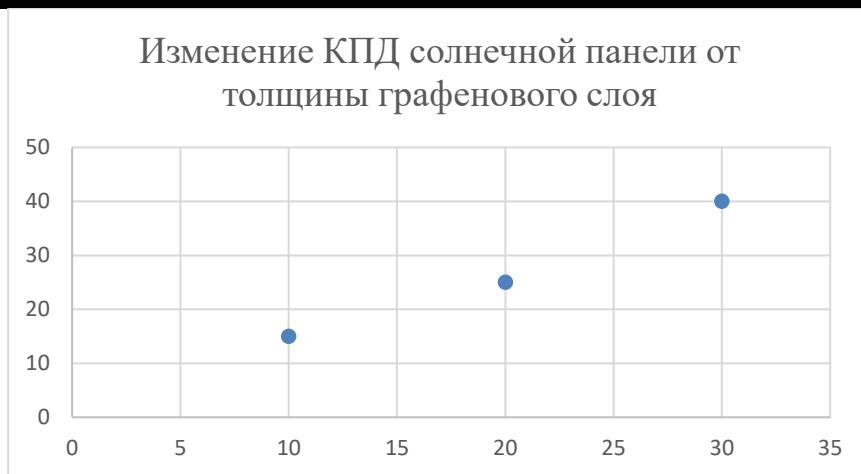


Рис. 2. Изменение КПД солнечной панели в зависимости от толщины графенового слоя

### Заключение

Современные исследования в области солнечной энергетики движутся в сторону использования новых, высокоэффективных материалов. Перовскиты открыли путь к резкому росту КПД и созданию гибких, лёгких солнечных элементов. Графен обеспечивает улучшенную проводимость, прозрачность и механическую стойкость, позволяя создавать гибридные структуры нового поколения. Развитие этих направлений позволит объединить высокую эффективность, долговечность и экологическую безопасность солнечных технологий [7].

### Список литературы:

1. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
2. Kojima, A., Teshima, K., Shirai, Y., Miyasaka, T. Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells // Journal of the American Chemical Society. – 2009. – Vol. 131, No. 17. – P. 6050–6051.
3. NREL (National Renewable Energy Laboratory). Best Research-Cell Efficiencies Chart. – URL: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html> (дата обращения: 23.10.2025).
4. Grätzel, M. The Light and Shade of Perovskite Solar Cells // Nature Materials. – 2014. – Vol. 13. – P. 838–842.
5. Oxford PV. Perovskite–Silicon Tandem Solar Cells Achieve 36% Efficiency. – URL: <https://www.oxfordpv.com> (дата обращения: 25.10.2025).
6. Bonaccorso, F., Colombo, L., Yu, G., et al. Graphene, Related Two-Dimensional Crystals, and Hybrid Systems for Energy Conversion and Storage // Science. – 2015. – Vol. 347, No. 6217. – P. 1246501.

---

7. Wang, X., Zhi, L., Müllen, K. Transparent, Conductive Graphene Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cells // Nano Letters. – 2008. – Vol. 8, No. 1. – P. 323–327.

Информация об авторах:

Закен Мейрам Галымулы, студент гр. ТФ-202, НАО «Шекэрим университет», 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, д. 20 А, mejramzaken@gmail.com

Усkenбаева Зара Думановна, студент гр. ТФ-202, НАО «Шекэрим университет», 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, д. 20 А, uskenbayevaza-ra76@gmail.com