НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ УЗБЕКИСТАНА В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ PV (2019–2024).

Н Н.Р. Авезова
Ферганский государственный технический университет
И.Ж. Жахонгиров
Ферганский государственный технический университет
А.Й. Рахмонов
Ферганский государственный технический университет
С.М.Махмудов
Ферганский государственный технический университет
А.А. Холиков
Ферганский государственный технический университет.

Аннотация Настоящая аналитическая справка посвящена проблематике развития солнечной энергетики в Узбекистане, важной для диверсификации энергосистемы и выполнения климатических обязательств. За 2019–2024 гг. сектор показал бурный рост: установленная мощность PV станций выросла с практически нуля до ~253 МВт к концу 2023 г. Этому способствовали крупные проекты (например, СЭС «Нур Навои» на 100 МВт) и участие международных инвесторов и организаций (Masdar, Total Eren, АБР, ЕБРР и др.).

Государственные стратегии (Стратегия «зелёной» экономики 2019–2030, Энергетическая стратегия до 2030 г. и др.) зафиксировали амбициозные цели – довести долю ВИЭ до 25–40% генерации и нарастить мощности ВИЭ до 20+ ГВт к 2030 г. Для этого создана нормативно-правовая база (закон о ВИЭ, механизмы ГЧП, аукционы) и запущены проекты локализации PV оборудования. К настоящему времени проведены конкурсы и начато строительство ряда крупных СЭС, что привлекло миллиарды долларов инвестиций.

Вместе с тем сохраняются инфраструктурные и институциональные барьеры. Необходима масштабная модернизация сетей (достройка сотен км ЛЭП и приёмных мощностей под до 12 ГВт ВИЭ), внедрение систем накопления энергии и продолжение либерализации рынка электроэнергии. Тем не менее развитие PV рассматривается как ключевой фактор повышения энергетической независимости Узбекистана и выполнения климатических целей (Парижское соглашение, НДЦ).

Ключевые слова: солнечная энергетика, фотоэлектрические технологии, ВИЭ (возобновляемые источники энергии), энергетическая стратегия,

ISSN 3030-3907

инвестиции, Узбекистан, инфраструктура, государственная политика, климатические цели, международное сотрудничество.

Abstract This analytical brief examines the development of solar energy in Uzbekistan, crucial for diversifying the energy mix and meeting climate commitments. From 2019 to 2024 the sector has grown rapidly: installed PV capacity rose from nearly zero to about 253 MW by end-2023. This surge was driven by landmark projects (e.g. the 100 MW Nur Navoi plant) and strong involvement of international investors and institutions (Masdar, Total Eren, ADB, EBRD, etc.).

Key government strategies – notably the 2019–2030 "Green Economy" program and the national Energy Strategy to 2030 – set ambitious targets (renewables reaching ~25–40% of generation and 20+ GW of renewables capacity by 2030). To achieve this, Uzbekistan enacted supportive frameworks (a new RE law, PPP and auction mechanisms) and promoted localization of PV manufacturing. As a result, dozens of large solar PV projects have been tendered or initiated, attracting billions of dollars of investment.

Significant challenges remain: the grid requires major upgrades (hundreds of kilometers of new high-voltage lines and boosting transmission capacity to ~12 GW), energy storage systems are only beginning to be deployed, and power-market reforms. Nevertheless, solar PV is viewed as vital for Uzbekistan's energy security and climate goals, as it reduces dependence on imported gas and cuts CO_2 emissions.

Keywords: solar energy, photovoltaic technologies, renewable energy, energy strategy, investments, Uzbekistan, infrastructure, state policy, climate goals, international cooperation.

Annotatsiya Ushbu analitik maqola O'zbekistonning energiya balansini diversifikatsiya qilish va iqlim majburiyatlarini bajarishda quyosh energiyasining (PV texnologiyalarining) ahamiyatini tahlil qiladi. 2019 yilda deyarli nol darajada bo'lgan o'rnatilgan quyosh quvvati 2023 yil oxiriga kelib taxminan 253 MVtga yetdi. Bu o'sishni Masdar, Total Eren, ATB, YTTB kabi xalqaro investorlar va moliya institutlari ishtirokidagi yirik loyihalar ta'minladi.

Davlat strategiyalari – xususan, 2019–2030 yillarga mo'ljallangan "Yashil iqtisodiyot" strategiyasi va Energetika strategiyasi (2030 yilgacha) – qayta tiklanuvchi energiya ulushini 2030 yilga qadar 25–40% ga yetkazish va 20+ GVt quvvatga erishish kabi ambitsiyali maqsadlarni belgilaydi. Buning uchun qayta tiklanuvchi energiya manbalari to'g'risidagi yangi qonun, xususiy sheriklik va ochiq tender mexanizmlari qabul qilindi; PV jihozlarini mahalliy ishlab chiqarish loyihalari yo'lga qo'yildi. Natijada, bir qator yirik quyosh elektr stansiyalari tanlab

ISSN 3030-3907

olinib qurilmoqda va toza energiya loyihalariga milliardlab dollar investitsiya jalb qilinmoqda.

Biroq, tarmoqlarni kengaytirish (mas., 12 GVt quvvatni qabul qiladigan yuqori kuchlanishli uzatish liniyalari) va energiya saqlash tizimlarini joriy etish bilan bog‘liq yirik muammolar saqlanib qolmoqda. bozorni isloh qilish ishlari esa davom etmoqda. Shu bilan birga, quyosh PV energiyasi O‘zbekiston uchun energetik mustaqillikni oshirish va iqlim maqsadlarini amalga oshirishda muhim omil bo‘lib xizmat qilishi e’tiborga olingan.

Kalit so‘zlar: quyosh energiyasi, fotovoltaik texnologiyalar, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, energetika strategiyasi, investitsiyalar, O‘zbekiston, infratuzilma, davlat siyosati, iqlim maqsadlari, xalqaro hamkorlik.

Введение

Узбекистан стоит перед важной задачей диверсификации своей энергетики и выполнения климатических обязательств, и развитие сектора солнечной энергетики (PV-технологий) играет в этом ключевую роль. В настоящее время более 80% электроэнергии страны вырабатывается на тепловых электростанциях, главным образом сжигающих природный газ [1-2]. Такое доминирование ископаемого топлива сопряжено с рисками для энергетической безопасности и экологии. При этом республика обладает значительным солнечным потенциалом – в Узбекистане 270–300 солнечных дней в году, что создаёт идеальные условия для генерации солнечной энергии [3]. Высокий уровень инсоляции напрямую соответствует приоритетам страны в сфере устойчивого развития: Узбекистан присоединился к Парижскому соглашению и обновил свой вклад (NDC), нацелившись сократить удельные выбросы парниковых газов на 35% к 2030 году от уровня 2010 года [4]. Развитие возобновляемой энергетики, особенно фотоэлектрической солнечной генерации, призвано одновременно решить задачу обеспечения растущего спроса на электроэнергию и снизить углеродоёмкость экономики, в рамках реализации Стратегии перехода к «зелёной экономике» и других национальных программ. Таким образом, продвижение PV-сектора напрямую связано с достижением энергетических и климатических целей Узбекистана, включая повышение энергетической независимости, снижение энергоёмкости экономики (которая всё ещё в 3 раза выше, чем в среднем по Европе и Центральной Азии [1-2] и выполнение международных экологических обязательств].

Солнечный потенциал Географические и климатические условия Узбекистана создают благоприятную основу для развития солнечной энергетики. Средняя ежегодная солнечная радиация в большинстве регионов

ISSN 3030-3907

составляет порядка 1800–2000 кВт•ч/м² [5], а технический потенциал солнечной фотоэлектрической генерации оценивается экспертами в порядка 593 ГВт [3] – колоссальная величина, практически определяющая возобновляемый ресурс страны (на солнечную энергию приходится ~99% потенциала ВИЭ) [3]. В среднем по стране фиксируется до 270–300 ясных солнечных дней в году, при этом наибольшая ресурсная база сосредоточена в пустынных южных и западных областях (например, Республика Каракалпакстан обладает наивысшим теоретическим объёмом солнечной энергии) [3]. Этот природный потенциал значительно превышает текущие потребности, что открывает возможности для экспорта энергии в перспективе и для обеспечения отдалённых несоединённых с сетью населённых пунктов автономным энергоснабжением. Следует учесть, что около 1500 сельских населённых пунктов (порядка 1,5 млн человек) до недавнего времени были недостаточно подключены к централизованным электросетям из-за удалённости и изношенности сетевой инфраструктуры [3]. Солнечные установки (в том числе небольшие домашние СЭС) способны обеспечить надёжное энергоснабжение таких районов, снижая потери в линиях электропередачи и улучшая качество жизни в сельской местности.

Растущий спрос на электроэнергию. Узбекистан переживает устойчивый рост энергопотребления, обусловленный экономическим развитием, индустриализацией и демографическим ростом. По оценкам Министерства энергетики, спрос на электроэнергию будет ежегодно расти на ~7,5% вплоть до 2030 года [6]. Для удовлетворения этого спроса генерацию необходимо фактически удвоить: прогнозируется увеличение выработки электроэнергии с ~65 млрд кВт•ч в 2019 году до 103 млрд кВт•ч к 2030 году [1-2] Дефицит генерирующих мощностей особо остро ощущается в пиковые зимние периоды, когда изношенные газовые ТЭС не всегда способны покрыть нагрузку, что приводит к перебоям в энергоснабжении. Таким образом, стране жизненно важно вводить новые мощности опережающими темпами. Солнечная энергетика рассматривается правительством как один из основных источников новых мощностей, способных заполнить этот разрыв. Во-первых, проекты ВИЭ могут сравнительно быстро вводиться в эксплуатацию (2–3 года от концепции до пуска против 5–7 лет для крупных ТЭС или ГЭС). Во-вторых, стоимость солнечной генерации за последнее десятилетие резко снизилась, сделав её экономически привлекательной. Например, в ходе конкурсов в Узбекистане тарифы на солнечную электроэнергию опустились до $0,018–0,027 за кВт•ч [7] – это значительно ниже стоимости выработки на новых тепловых блоках. Наконец, развитие PV

ISSN 3030-3907

поможет высвободить часть природного газа для экспорта или внутренней переработки, что имеет стратегическое значение для экономики.

Цели по ВИЭ и требуемые установки. Осознавая перечисленные потребности, Узбекистан определил амбициозные национальные цели по развитию возобновляемых источников. В октябре 2019 года была принята «Стратегия перехода Республики Узбекистан к зелёной экономике на период 2019–2030 гг.», согласно которой к 2030 году доля возобновляемых источников (включая ГЭС) должна достигнуть не менее 25% в общем объёме выработки электроэнергии [7]. Фактически на 2019 год вклад солнечной и ветряной энергии был пренебрежимо мал (0,02% генерации [7]), поэтому для достижения цели требовалось масштабное наращивание мощностей. Первоначальные ориентиры энергетической концепции предусматривали ввод ~5 ГВт солнечной PV и ~3 ГВт ветровой энергии к 2030 г. (в сумме около 8 ГВт ВИЭ) [8]. Однако в ходе реализации планы были пересмотрены в сторону повышения. Президент Шавкат Мирзиёев на Ташкентском международном инвестиционном форуме в 2023 г. заявил о новой цели – более 20 ГВт возобновляемых мощностей к концу десятилетия, при которой не менее 40% всей выработки электроэнергии в 2030 г. будет приходиться на ВИЭ [6,8]. Согласно озвученной программе, только солнечные и ветровые электростанции суммарной мощностью 20 ГВт должны быть построены к 2030 году [6], вводя по 2,5–3,5 ГВт новых ВИЭ-мощностей ежегодно с 2023 года [6]. Эти планы подтверждаются и скорректированной стратегией развития энергосектора: на 2023–2024 гг. правительство повысило целевые показатели доли генерации за счёт ВИЭ до 15% к концу 2024 г. (против ~10% в 2023 г.) с дальнейшим выходом на 54% к 2030 году [1-2]. Таким образом, национальные потребности в развитии солнечной энергетики диктуются как богатой ресурсной базой, так и объективным дефицитом генерирующих мощностей для удовлетворения стремительно растущего спроса, а также необходимостью выполнения стратегических ориентиров по «озеленению» энергетического баланса.

Государственная политика и стратегические документы За последние пять лет в Узбекистане сформирована разветвлённая нормативно-стратегическая база для поддержки сектора ВИЭ и, в частности, солнечной энергетики. Ключевые шаги государственной политики включают институциональные реформы, принятие новых законов и программ, а также интеграцию целей по PV в национальные стратегии развития:

- **Институциональные реформы** В феврале 2019 года Указом Президента № УП-5646 было образовано Министерство энергетики

ISSN 3030-3907

Республики Узбекистан, призванное единообразно регулировать всю отрасль и координировать внедрение возобновляемых источников [9]. Ранее вопросы ВИЭ были рассредоточены между ведомствами; создание единого министерства позволило сосредоточить усилия на «зеленой» энергетике и реформах в электроэнергетике. Одновременно была начата реструктуризация госкомпаний сектора: генерирующие и сетевые функции разделены между АО «Тепловые электрические станции», АО «Национальные электрические сети Узбекистана» (НЭСУ) и др., что заложило основу для модели рынка электроэнергии.

• **Законодательство в сфере ВИЭ** В 2019 году принят базовый **Закон «Об использовании возобновляемых источников энергии»**, который закрепил определения объектов ВИЭ, меры поддержки инвесторов и права производителей «зелёной» энергии. Также был принят Закон «О государственно-частном партнёрстве (ГЧП)» [9]. Совокупно эти законы создали правовую основу для привлечения частных инвестиций в солнечные и ветровые проекты через прозрачные конкурентные механизмы (аукционы, концессии, соглашения о покупке электроэнергии). В развитие закона о ВИЭ правительство утвердило ряд нормативных актов: например, порядок присоединения объектов возобновляемой генерации к сетям, правила оплаты и учёта избыточной электроэнергии от частных солнечных установок и систему льгот (освобождение оборудования ВИЭ от таможенных пошлин, субсидии населению на установку панелей и пр.). С 2021 года введён упрощённый механизм *нетто-учёта* (net-metering) для домохозяйств и предпринимателей – излишки выработки их солнечных панелей выкупаются энергосистемой, что стимулирует распространение распределённой PV-генерации [10].

• **Стратегические программы и концепции** В 2020 году правительство утвердило **Концепцию обеспечения топливно-энергетического обеспечения страны на 2020–2030 гг.**, разработанную при поддержке Всемирного банка и АБР [9]. Этот документ (фактически энергетическая стратегия) обозначил приоритеты развития генерации, акцентировав особое внимание на ВИЭ – прежде всего солнечной энергетике – как на одном из главных направлений на предстоящее десятилетие. Параллельно был разработан Мастер-план развития электроэнергетики до 2030 года (консультант Mott MacDonald) [9], определяющий оптимальный состав вводимых мощностей и необходимую модернизацию сетей для интеграции новых станций. Стратегические целевые показатели были закреплены в Стратегии перехода к «зелёной» экономике, 2019–2030

ISSN 3030-3907

(утверждена Постановлением Президента № ПП-4477 от 4.10.2019) [9-10]. Данная стратегия установила задачей довести долю возобновляемых источников в общем объёме производства электроэнергии до 25% к 2030 году [9], что подразумевало ввод порядка 8 ГВт новых мощностей ВИЭ (свыше 5 ГВт солнечных и 3 ГВт ветряных станций). Для достижения цели стратегия предусматривает меры: *усовершенствование процедур отбора инвесторов на основе прозрачных аукционов* и *локализацию производства оборудования ВИЭ* [9]. В рамках первой меры в 2019 г. Узбекистан присоединился к программе IFC Scaling Solar, а также начал сотрудничество с АБР и ЕБРР по организации международных тендеров на строительство крупных солнечных станций. Вторая мера реализуется через создание совместных предприятий по сборке фотоэлектрических модулей – так, АО «Uzbekenergo» и китайская компания Suntech Power договорились о создании завода мощностью 100 МВт панелей в год [3], а в особых экономических зонах планируется локализовать выпуск компонентов для СЭС.

• **Государственные программы и постановления** Помимо долгосрочных стратегий, приняты и конкретные планы реализации. Так, **Энергетическая** стратегия Узбекистана до 2030 (официальный программный документ, утверждённый в 2020 г.) детализирует этапы ввода мощностей и модернизации инфраструктуры. Ежегодно Кабинет Министров издаёт постановления, направленные на стимулирование ВИЭ: например, о квотах на подключение солнечных панелей в домохозяйствах с частичной компенсацией затрат; о проведении аукционов ГЧП для солнечных электростанций установленной мощности (100 МВт, 200 МВт и более) с указанием условий договоров; об утверждении инвестиционных соглашений с иностранными компаниями (Masdar, Total Eren, ACWA Power и др.). В 2023 году, в ответ на новые климатические вызовы, президент объявил 2025 год – Годом охраны окружающей среды и зелёной экономики, и в Государственную программу на 2025 год включены проекты по вводу 16 новых «зелёных» электростанций общей мощностью 3,5 ГВт, в том числе солнечных и ветряных, что должно позволить увеличить долю ВИЭ до 26% выработки [11-12]. Все эти шаги показывают, что на уровне правительства сформировано понимание необходимости системной поддержки PV-сектора: создаются благоприятные правовые условия, устанавливаются чёткие целевые ориентиры и привлекаются ресурсы (инвестиции, гранты МФИ) для их достижения.

Развитие сектора PV: мощности, проекты и инвесторы За период 2019–2024 гг. солнечная энергетика Узбекистана прошла путь от пилотных

ISSN 3030-3907

проектов до реализации крупных промышленных СЭС с участием международных инвесторов. Ниже рассмотрены основные достижения и проекты сектора:

Рост установленных мощностей Если в 2019 году установленная мощность солнечных фотоэлектрических станций была менее 1 МВт (фактически ограничиваясь мелкими демонстрационными установками) [3], то к концу 2023 года в строй введено уже ~253 МВт солнечных электростанций [13]. Этот рост начался с запуска первой в стране промышленной солнечной электростанции мощностью 100 МВт – *Нур Навои* в Навоийской области. Проект был реализован компанией Masdar (ОАЭ) в рамках программы IFC Scaling Solar и вступил в эксплуатацию в августе 2021 года [7]. Финансирование осуществлялось консорциумом международных институтов: IFC и АБР выделили кредиты ~$60 млн, ЕБРР – мостовой кредит на капитал, а Всемирный банк предоставил гарантию платежей по PPA [1-2]. Первая солнечная станция стала знаковой: она обеспечила выработку ~270 млн кВт·ч в год (достаточно для электроснабжения 31 тыс. домохозяйств) и сократила выбросы CO_2 на 156 тыс. тонн ежегодно [1-2]. После успеха пилотного проекта правительством было проведено несколько волн международных тендеров на строительство последующих СЭС.

Уже в 2020–2021 гг. на конкурсной основе были отобраны инвесторы для *десяти крупных PV-проектов* суммарной мощностью 2050 МВт, преимущественно в южных и западных регионах с наивысшей инсоляцией [7]. Из них к августу 2021 г. контракты подписаны по проектам совокупной мощностью 1300 МВт [7]. В числе победителей – ведущие энергетические компании мира: помимо Masdar, вложившейся в сектор Узбекистана, французская Total Eren (проект 100 МВт в Самаркандской области), дубайская Phanes Group (200 МВт, Навоийская обл.), саудовская ACWA Power и китайские корпорации (например, CNTIC/СКЭ в консорциуме). В Самаркандской области 100 МВт СЭС компанией Total Eren была построена в районе Тутли и сдана к концу 2021 года [7]. Два проекта Masdar по 220 МВт каждый в Джизакской и Самаркандской областях достигли финансового закрытия в 2021 г. с рекордно низкими тарифами ~1,8 цента/кВт·ч [7]; их первые очереди начали генерировать в сеть в 2023 году. Крупнейший на сегодняшний день проект – СЭС “Шерабад” мощностью 457 МВт в Сурхандарьинской области – также реализуется Masdar (с разбивкой на очереди) и должен выйти на полную мощность к 2026 г [14]. Финансовая поддержка этому проекту оказана Азиатским банком развития – он был проведён в рамках тендера при содействии АБР и включает помимо PV-

ISSN 3030-3907

модулей ещё и блок накопителей на 63 МВт/126 МВт·ч для стабильности выдачи [14-15]. В целом, к 2024 году в активной фазе строительства находятся не менее 28 солнечных парков по всей стране (часть из них комбинируется с системами хранения энергии) [8], что свидетельствует о масштабном притоке инвестиций в PV-сектор.

Международные партнёры Развитие солнечной энергетики Узбекистана характеризуется широким международным сотрудничеством. Ниже перечислены ключевые проекты и инвесторы последних лет:

- **Masdar (ОАЭ):** Пионер PV-сектора Узбекистана. Помимо первой СЭС 100 МВт в Навои, компания реализует несколько крупных проектов – 220 МВт Джизак, 220 МВт Самарканд, 457 МВт Шерабад, а также проект в Кашкадарьинской области (300 МВт PV + 75 МВт·ч накопитель) [14]. Все проекты заключаются на условиях ГЧП (с долгосрочным PPA ~25 лет) с НЭСУ. Masdar также инвестирует в ветропарки и участвует в образовательных инициативах, став стратегическим партнёром Узбекистана по переходу к чистой энергии.
- **Total Eren (Франция):** Построила и эксплуатирует СЭС 100 МВт в Самарканде (Тутли), финансированную при участии ЕИБ. Запуск состоялся в декабре 2021 г., это первый в регионе Центральной Азии объект PV, профинансированный европейскими институтами [7]. Total Eren рассматривает дальнейшие инвестиции в Узбекистане, в том числе проекты гибридных станций.
- **ACWA Power (Саудовская Аравия):** Изначально известна своими проектами в области газа и ВИЭ на Ближнем Востоке, ACWA стала крупным игроком и в Узбекистане. Компания фокусируется больше на ветровой генерации (реализует гигантский ветропарк 1500 МВт в Каракалпакстане), однако и в солнечной сфере ACWA в 2023 г. ввела в эксплуатацию СЭС 200 МВт в Ташкентской области [16-17]. Кроме того, ACWA совместно с АБР готовит проект «солнце + накопитель»: планируется 500 МВт солнечной генерации и 500 МВт·ч накопителей близ Ташкента [16-17]. В октябре 2024 г. IFC объявила о финансировании $240 млн для поддержки проектов ACWA в Узбекистане – речь идёт о *двух объектах общей мощностью 1000 МВт PV и 668 МВт*·ч BESS плюс ~500 км ЛЭП для их выдачи мощности [1-2]. Эта сделка станет крупнейшим в Центральной Азии проектом по интеграции солнечной генеации с накопителями и позволит ежегодно генерировать ~2,4 млрд кВт·ч чистой энергии [1-2].

Другие международные участники и партнёры: среди победителей тендеров также Phanes Group (ОАЭ) – готовит 200 МВт проект в Навоийской

ISSN 3030-3907

обл.; китайские государственные компании (China Gezhouba Group, Jinko Solar и др.) – участвуют в консорциумах по EPC и поставке оборудования; японские и корейские фирмы – интересуются возможностями локализации производства PV-компонентов. В 2024 г. французская компания Voltalia выиграла конкурс на строительство СЭС 126 МВт в Хорезмской области (проект финансируется ЕБРР и ЕС) [13]. Таким образом, узбекский рынок PV стал привлекательным для широкого круга инвесторов из ОАЭ, Саудовской Аравии, Европы, Китая и др., благодаря прозрачным правилам и господдержке.

Кроме того, 13 ноября 2024г. было подписано "Соглашение о стратегическом партнерстве между правительствами Азербайджанской Республики, Республики Казахстан и Республики Узбекистан в области развития и передачи зеленой энергии", что открывает новые возможности в сотрудничестве регионов Центральной Азии и Кавказа. Проект также подразумевает добиться «быстрого, глубокого и устойчивого сокращения выбросов парниковых газов»

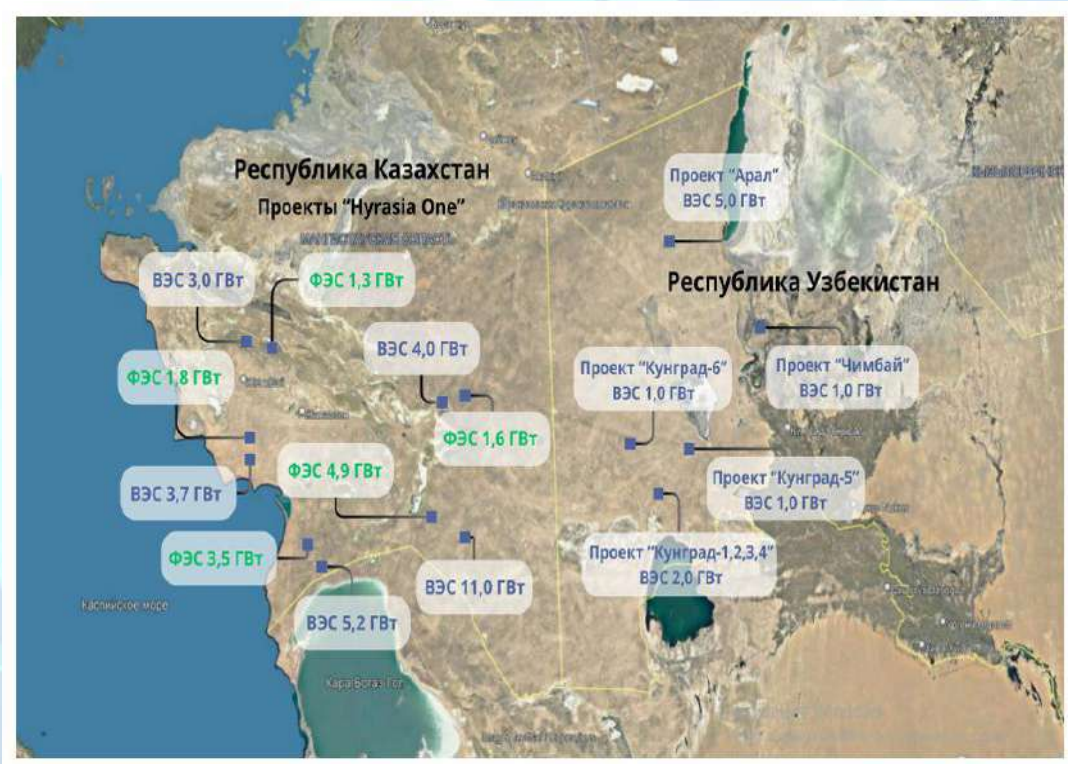


Рис.1. Перспектива развития энергосистем на основе ВИЭ в ЦА и в республике Азербайджан

Текущие результаты и перспективы Несмотря на относительно скромные введённые мощности 0,25 ГВт PV на конец 2023 г. [13], динамика сектора впечатляет. Уже к середине 2024 года суммарная генерация солнца и ветра достигла 5,8 млрд кВт·ч, что составляет ~10,6% производства

ISSN 3030-3907

электроэнергии за 8 месяцев [4]. Для сравнения: ещё в 2019 г. доля солнца/ветра была близка к нулю [5]. Быстрый рост стал возможен благодаря запущенным в 2022–2024 гг. объектам: помимо указанных 100–220 МВт станций, заработали первые очереди крупных парков Masdar, а также несколько меньших СЭС 10–40 МВт под управлением национальных предприятий (например, Uzbekneftegaz внедрил солнечные установки для снабжения своих месторождений). Государство также стимулирует малоразмерную распределённую генерацию: по официальным данным, до 35 тысяч домохозяйств получат к 2026 году солнечные панели с частичным субсидированием [18-19]. Такая децентрализация повышает устойчивость энергосистемы и привлекает малый бизнес в сектор (уже свыше 20 локальных компаний предлагают услуги по установке СЭС малой мощности).

По мере ввода крупных проектов к 2025–2026 гг. установленная мощность солнечной энергетики вырастет скачкообразно. Правительство заявляет о планах получить 5 ГВт солнечных и ветровых станций уже к 2026 году [20], а к 2030 г. – не менее 18–25 ГВт ВИЭ [8, 13]. При реализации вышеуказанных проектов солнечная энергетика станет одним из столпов энергосистемы, производя десятки миллиардов кВт·ч и покрывая до половины спроса. Инвестиционные соглашения, заключённые в 2019–2023 гг., позволяют с осторожным оптимизмом ожидать достижение значительной части этих целей: по оценке Всемирного банка, контракты с частными IPP на более чем 10 ГВт мощностей уже подписаны и будут реализованы в ближайшие 5 лет, что позволит частным инвесторам обеспечивать около 50% всей генерации к 2030 г [20-21].

Барьеры и вызовы развития PV-сектора Несмотря на описанные успехи, на пути ускоренного развития солнечной энергетики Узбекистана остаётся ряд барьеров и вызовов – как технических, так и институционально-экономических. Выделим ключевые из них:

- **Инфраструктурные ограничения (сети и резервные мощности)** Исторически энергосистема Узбекистана строилась вокруг крупных тепловых и гидроэлектростанций, связанных единой сетевой инфраструктурой. Для интеграции новых распределённых источников (СЭС) необходимо модернизировать и расширять электрические сети. Уже сейчас реализуются проекты по строительству дополнительных высоковольтных ЛЭП – например, для выдачи мощности СЭС в Бухарской области нужно возвести порядка 500 км линий [1-2]. Согласно «Концепции обеспечения электроснабжения 2020–2030», запланирована реконструкция сетей для

ISSN 3030-3907

приёма до 12 ГВт солнечной и ветровой генерации [19]. Без этих инвестиций возможны локальные перегрузки и сложности с подключением новых станций, особенно в отдалённых районах пустынь, где потенциал солнца максимален, а сети развиты слабо. Ещё один аспект – необходимость балансирующих мощностей. Солнечная генерация не постоянна, её пик днём должен компенсироваться другими источниками в ночные часы. Министерство энергетики планирует ввод *систем накопления энергии* (BESS): первые 300 МВт аккумуляторов запускаются в 2024 г., а к 2030 г. ёмкость накопителей достигнет 4,2 ГВт [6]. Также запланировано строительство гидроаккумулирующей станции (ГАЭС) для суточного выравнивания графика нагрузки. Реализация этих проектов требует времени и капитальных вложений; до тех пор для обеспечения стабильности будут привлекаться существующие газовые ТЭС как резерв и манёвренный резерв. Таким образом, укрепление сетевой и резервной инфраструктуры – первоочередной вызов, без решения которого массовый ввод PV невозможен.

• **Регуляторные и институциональные барьеры** Несмотря на прогресс в законодательстве, некоторые нормативные вопросы остаются. Полноценный рынок электроэнергии в Узбекистане находится в стадии формирования – идёт постепенная либерализация тарифов, создание независимого регулятора и оптового рынка. Финансовое состояние энергосектора пока остаётся уязвимым: основная сетевая компания (НЭСУ) и исторически единственный покупатель электроэнергии несут на себе обязательства долгосрочных PPA с множеством IPP, что создаёт значительные условные обязательства для государства [21]. Если тарифы для конечных потребителей остаются ниже себестоимости, бюджет вынужден субсидировать разницу, ставя под угрозу окупаемость проектов. Правительство отдает отчёт этой проблеме – объявлено поэтапное повышение тарифов до уровня окупаемости и внедрение рыночных механизмов торговли электроэнергией [4]. Тем не менее инвесторов всё ещё беспокоят валютные риски (PPA номинированы в долларах, и стабильность сумма важна для платежей), административные процедуры (получение земельных участков, разрешений) и длительность бюрократических согласований. Для снижения этих рисков первые проекты сопровождались гарантиями МФИ (ВБ, МАГА), но в дальнейшем потребуется совершенствовать национальную регуляторику – например, создать *Гарантийный фонд* поддержки возобновляемых проектов или внедрить механизм страхования валютных рисков. Локализация производства также пока на начальном этапе: отсутствие налаженного выпуска панелей и

ISSN 3030-3907

инверторов внутри страны приводит к зависимости от импорта. В 2020–2021 гг. мировые цепочки поставок испытали резкие колебания цен – стоимость фото-модулей выросла на ~50%, поликремния – на 300%, а логистические расходы – на 500% по сравнению с до пандемийным уровнем [22]. Эти удорожания затронули и узбекские проекты, снизив их экономическую привлекательность и вызвав угрозу задержек строительства [22]. Задача правительства – создать условия для местной сборки и складирования оборудования, чтобы смягчить влияние внешних факторов.

• **Технические и экологические аспекты** Климатические особенности Узбекистана – остро-континентальный климат с жарким летом и пыльными бурями – порождают технические вызовы эксплуатации СЭС. Высокие температуры воздуха (до +45 °C) снижают КПД фотоэлементов, а пыльные бури и песчаные отложения на панелях требуют регулярной очистки, увеличивая эксплуатационные расходы. Необходимы устойчивые к экстремальной жаре панели и оптимальные графики их обслуживания (возможно, с привлечением роботизированных систем очистки). Кроме того, крупномасштабное размещение солнечных парков в пустынных и степных районах требует учёта экологических факторов – влияния на экосистемы, животный мир, рационального водоснабжения (особенно при влажной очистке панелей). Международные финансовые организации придают этому большое значение: инвестиционные проекты сопровождаются комплексными *Оценками воздействия на окружающую среду и социальную сферу (OVOS/ESIA)*, как, например, для проекта СЭС в Бухарской области, где был разработан план управления окружающей средой и мониторинга [21,23]. Выполнение этих стандартов – новый опыт для локальных подрядчиков и служб, требующий повышения компетенций и обучения персонала.

• **Кадровый и научно-технический потенциал** Быстрый рост сектора обнажил дефицит квалифицированных кадров – инженеров по солнечной энергетике, техников по обслуживанию инверторов, энергетиков по управлению распределённой генерацией. ВУЗы страны только начинают вводить соответствующие специальности, поэтому в краткосрочном периоде ощущается нехватка локальных специалистов. Многие проекты в строительстве полагаются на иностранных экспертов (из Китая, Европы, ОАЭ), что повышает затраты. Необходимо развивать программы подготовки кадров внутри страны и перенимать лучшие практики. Также стоит задача усиления роли национальной науки и инноваций: в Узбекистане ещё в 1980-е работали научные центры по солнечной энергии (Физико-технический

ISSN 3030-3907

институт «Фотон» и др.), сейчас на их базе при поддержке UNDP создаются демонстрационные проекты (например, солнечные водонагреватели, PV-полив в сельском хозяйстве). Однако для технологий хранений, «умных сетей» и новых PV-материалов требуется привлечение инвестиций в НИОКР. Это направление пока развивается медленно и является долгосрочным вызовом – без локальных инноваций сектор будет полностью зависим от импортных технологий.

Подводя итог, перечисленные барьеры не являются непреодолимыми, и правительство уже предпринимает шаги для их минимизации – через реформы тарифной политики, инфраструктурные проекты (сети, накопители), совершенствование законодательства и международное сотрудничество в сфере образования и технологий. Тем не менее, успех амбициозных планов (20+ ГВт солнечно-ветровых мощностей к 2030 г.) во многом будет зависеть от того, насколько своевременно удастся снять инфраструктурные ограничения и обеспечить благоприятный инвестиционный климат для проектов PV.

Заключение Развитие солнечной энергетики в Узбекистане в период 2019–2024 гг. демонстрирует **динамичный прогресс**, обусловленный синергией высокого природного потенциала, политической воли и поддержки международных партнёров. От фактического отсутствия PV-генерации страна перешла к реализации гигантских проектов с участием мировых лидеров отрасли, заложив фундамент для «солнечного прорыва». Сектор PV теперь прочно интегрирован в государственные стратегические документы – от Стратегии «зелёной» экономики до Энергетической концепции 2030 – как один из приоритетов развития. За пять лет создана нормативно-правовая база (закон о ВИЭ, механизмы ГЧП, стимулирующие программы), проведены успешные тендеры, привлечены миллиарды долларов инвестиций. Первые результаты обнадёживают: солнечные станции начали покрывать значимую долю спроса в пиковые часы дня, способствуя снижению дефицита электроэнергии и сокращению выбросов.

В то же время, предстоит проделать ещё большой объём работы для достижения целевых показателей 2030 года. Необходимо обеспечить опережающее развитие сетевой инфраструктуры и систем накопления, продолжить реформирование рынка электроэнергии для финансовой устойчивости проектов, а также устранить административные барьеры. Системная поддержка PV-сектора со стороны государства должна носить долгосрочный характер, включая локализацию производства, подготовку кадров, научно-технические инициативы. Международное сообщество

ISSN 3030-3907

(Мировой банк, АБР, МФЦА и др.) готово далее содействовать этому пути – через финансирование «зелёных» проектов, обмен технологиями и опытом. Узбекистан обладает всеми предпосылками, чтобы стать региональным лидером в солнечной энергетике: уникальные солнечные ресурсы, политическая стабильность и стратегическое видение руководства уже привели в страну крупных инвесторов и новейшие технологии. Устранение существующих вызовов и последовательная реализация намеченных планов позволят к 2030 году радикально трансформировать энергетический сектор – сделав его более экологичным, надёжным и независимым от ископаемого топлива. В конечном итоге, развитие PV-технологий отвечает коренным национальным интересам Узбекистана, обеспечивая энергетическую безопасность и способствуя устойчивому экономическому росту, и поэтому заслуживает всесторонней и непрерывной поддержки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

15. International Finance Corporation (2020, Dec 22). Pioneering Solar Power Plant to Take off in Uzbekistan with WBG Support. Press Release. ifc.orgifc.org
16. International Finance Corporation (2024, Oct 29). IFC Partners with ACWA Power to Support Uzbekistan’s Renewable Energy Transition. Press Release. ifc.orgifc.org
17. Eurasian Research Institute (2020). Alternative Energy Sources of Uzbekistan. ERI Analytic Article. eurasian-research.orgeurasian-research.org
18. UNDP (2021). Climate Promise – Uzbekistan Update. Retrieved from climatepromise.undp.org climatepromise.undp.org
19. Nilufar Avezova, Shirin Sadullaeva, Ergashali Rakhimov, Nizomjon Usmonov. Solar development in Uzbekistan. Step 1: solar data compilation// International Journal of Energy and Smart Grid. Vol 2, Number 2, 2017 ISSN: 2548-0332 doi: 10.23884/IJESG.2017.2.2.01.
20. Mirzamakhmudov, J. (2024, Sep 30). Demand for power in Uzbekistan will steadily grow by 7.5% per year – Energy Minister. The Tashkent Times. tashkenttimes.uztashkenttimes.uz
21. International Energy Agency (2023). Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap. Paris: IEA. iea.orgiea.org
22. https://solarstoragextra.com/sungrow-fpv-unveils-new-floating-pv-system-solutions/
23. The President of Uzbekistan (2019, Oct 4). Decree PP-4477 on the Adoption of the Green Economy Transition Strategy 2019–2030. (Рус.)unicaselaw.com

ISSN 3030-3907

24. Постановление Президента Республики Узбекистан, «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 — 2030 годов» от 04.10.2019 г. № ПП-4477.
25. https://www.solarwirtschaft.de/2025/04/23/hohe-investitionsbereitschaft-in-neue-solarparks-bei-sehr-niedrigem-foerderbedarf-netzanschluesse-weiter-vereinfachen/
26. https://mineconomy.gov.uz/uploads/FBURUzru.pdf?utm _source
27. pv magazine (2024, Nov 4). EBRD, EU finance 126 MW solar plant in Uzbekistan. (P. Jowett). pv-magazine.compv-magazine.com
28. https://masdar.ae/en/renewables/our-projects/sherabad-solar-project?utm_source
29. https://www.power-technology.com/news/acwa-tashkent-riverside-project/?utm_source
30. https://www.ebrd.com/home/news-and-events/news/2024/ebrd-finances-the-largest-battery-energy-storage-system-in-central-asia.html?utm_source
31. https://qazinform.com/news/uzbekistan-reports-solar-energy-subsidies-to-key-regions-in-early-2025-1b30df/amp
32. Постановление Президента Республики Узбекистан, «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году» от 16.02.2023 г. № ПП-57. https://www.lex.uz/docs/6385720
33. https://minenergy.uz/ru/news/view/2667
34. Закон Республики Узбекистан, «Об инвестициях и инвестиционной деятельности» от 25.12.2019 г. № ЗРУ-598.
35. КОНЦЕПЦИЯ обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы https://minenergy.uz/uploads/1a28427c-cf47-415e-da5c-47d2c7564095_media_.pdf
36. Unicase Law Firm (2022). Insights on Renewable Energy in Uzbekistan. Unicase Blog. unicaselaw.comunicaselaw.com
37. https://www.jica.go.jp/english/about/policy/environment/id/asia/central/a_b_fi/uzbekistan/__icsFiles/afieldfile/2023/11/13/4.NUR_BUK_Vol_IV_ESMP_v.3.0.pdf?utm_source.

ISSN 3030-3907