

**ЭКОЛОГИЯ И ЭНЕРГЕТИКА: ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ, СТРАНЫ СНГ
И УЗБЕКИСТАН)**

Бегимкулова Мадина Улугбековна

Тип работы: обзорная научная статья (systematic narrative review)

Автор:

Контактный e-mail: madeenabegimkulova@gmail.com

Аннотация

Дать целостный обзор взаимосвязей между энергетикой и экологией на четырёх уровнях: мир, Центральная Азия, страны СНГ и Узбекистан; проанализировать, как экологические ограничения (климат, вода, качество воздуха, биоразнообразие) трансформируют энергосистемы, и как энергетические решения формируют экологические исходы.

Ключевые слова

энергетический переход; климатическая политика; метан; возобновляемые источники энергии; энергоэффективность; качество воздуха; водные ресурсы; Центральная Азия; СНГ; Узбекистан; нексус «вода-энергия-продовольствие».

Сокращения: ВИЭ — возобновляемые источники энергии; ЭЭ — энергоэффективность; НДТ — наилучшие доступные технологии; НБУ/NDC — национально определяемый вклад; ПГ — парниковые газы; LDAR — поиск и ремонт утечек (метана); ПАЭС — гидроаккумулирующие станции; CAPS — объединённая энергосистема Центральной Азии.

**ECOLOGY AND ENERGY: GLOBAL TRENDS AND REGIONAL FEATURES
(CENTRAL ASIA, CIS COUNTRIES, AND UZBEKISTAN)**

Annotation

Provide a holistic overview of the energy-environment nexus at four levels: global, Central Asia, CIS countries and Uzbekistan; analyze how environmental constraints (climate, water, air quality, biodiversity) transform energy systems and how energy decisions shape environmental outcomes.

Keywords

energy transition; climate policy; methane; renewable energy; energy efficiency; air quality; water resources; Central Asia; CIS countries; nexus.

Современное развитие мировой экономики тесно связано с вопросами энергетики. Рост потребления энергии является одной из ключевых причин

глобального изменения климата, загрязнения окружающей среды и ухудшения качества жизни населения. Одновременно энергетика остаётся основой промышленного развития и социального прогресса. Таким образом, связь экологии и энергетики носит комплексный и противоречивый характер. Целью данной статьи является проведение обзора современного состояния взаимодействия экологии и энергетики на мировом уровне, в рамках Центральной Азии, СНГ, а также в контексте национальной энергетической политики Узбекистана.

Энергетический сектор формирует около 70% мировых выбросов парниковых газов, что делает его ключевым объектом экологической политики. Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2022 году около 30% мировой электроэнергии производилось из возобновляемых источников, и этот показатель растёт ежегодно. Международные инициативы — Парижское соглашение, Цели устойчивого развития ООН, концепция «зелёной экономики» — определяют необходимость снижения углеродной зависимости. Большинство развитых стран активно внедряют солнечную и ветровую энергетику, развивают технологии хранения энергии, а также переходят к водородной энергетике. В качестве примеров можно привести Европейский союз, где доля ВИЭ превысила 40%, Китай, ставший мировым лидером по установке солнечных панелей, и США, где активно развивается ветровая энергетика.

Обзор литературы позволяет проследить, как вопросы устойчивого развития энергетики и её экологических последствий рассматриваются в мировых исследованиях, а также в региональном контексте СНГ и Узбекистана.

Проблема взаимосвязи энергетики и экологии давно стала предметом научных исследований на глобальном уровне. В Шестом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC AR6, 2022) подчеркивается, что ключевыми направлениями снижения выбросов являются электрификация, массовое внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), повышение энергоэффективности и сокращение утечек метана. Особый акцент сделан на том, что меры по снижению спроса часто являются наиболее экономически эффективными и обеспечивают значительные социальные и экологические выгоды.

По данным Международного энергетического агентства (IEA) и IRENA, в последние годы стоимость солнечных и ветровых технологий стремительно снизилась, а в 2023–2024 гг. более 75% новых мощностей ВИЭ оказались дешевле ископаемых альтернатив. Эти данные подкрепляют тезис о том, что экологическая и экономическая эффективность энергетической политики всё чаще совпадают.

Значительный вклад в развитие теоретической базы внесли работы по экологической кривой Кузнеця (ЕКС). Исследования Sarkodie и Strezov (2019) и критические обзоры Stern (2004) показывают, что гипотеза о снижении загрязнения после достижения определённого уровня дохода не всегда подтверждается, и

главным фактором сокращения выбросов выступают технологические инновации и политика государства.

Важным направлением стало исследование концепции энергетической справедливости (energy justice), разработанной В.К. Sovacool и соавт. Эта школа рассматривает энергетику через призму справедливого распределения выгод и рисков, что особенно актуально при внедрении «зелёных» технологий в развивающихся странах.

Наконец, работы Вацлава Смита («Energy Transitions») подчеркивают медлительность энергетических трансформаций и предупреждают об излишнем оптимизме сценариев «нетто-ноль», акцентируя внимание на структурных и инфраструктурных ограничениях.

СНГ и Центральная Азия. На постсоветском пространстве исследования сосредоточены на институциональных барьерах и возможностях «зелёного» перехода. В Казахстане значительный вклад внесли работы Marat Karatayev и Michèle Clarke (2016, RSER), где систематизированы барьеры и драйверы развития ВИЭ в условиях нефтегазовой зависимости. Позднее Anatole Boute (2020, RSER) проанализировал значение регуляторной стабильности и перехода от фиксированных тарифов (FIT) к аукционной системе поддержки, показав, что именно прозрачные правила определяют успех проектов.

В России ведущая роль принадлежит школе энергоэффективности, основанной Игорем Башмаковым (CENEF). Его исследования демонстрируют огромный потенциал снижения выбросов за счёт энергоэффективности зданий, промышленности и транспорта, что в условиях СНГ часто оказывается дешевле, чем быстрый переход к ВИЭ.

Среди исследователей нередко высказывается мнение, что водород способен стать альтернативным энергоносителем, заменяющим углеводороды. Действительно, универсальные свойства этого элемента позволяют рассматривать его в качестве перспективного источника энергии. Однако подобный подход вызывает сомнения. Как подчёркивает Мясников [1], надежды на использование водорода в качестве экологически чистого топлива не оправданы ввиду его физико-химических свойств и побочных эффектов при сжигании. Водород в природе встречается только в связанной форме, и для его использования требуется предварительное выделение, что требует значительных энергетических затрат. К тому же физико-химические характеристики водорода существенно осложняют его применение: он бесцветен, не имеет запаха, крайне взрывоопасен и способен проникать через большинство материалов, что делает его хранение и транспортировку проблематичными. Несмотря на разработки технологий хранения водорода в твёрдом состоянии, при использовании в тепловых машинах его всё равно необходимо переводить в газообразную форму, что вновь связано с риском утечек.

Особую опасность представляет вероятность разрушения озонового слоя в случае значительного накопления водорода в атмосфере. Кроме того, при сжигании в тепловых установках водород, наряду с образованием воды, способствует выделению значительных количеств оксидов азота, которые являются загрязнителями атмосферы. Таким образом, надежды на то, что водород станет экологически безопасным топливом и позволит существенно сократить антропогенное воздействие на окружающую среду, представляются необоснованными

Региональные обзоры UNECE и Всемирного банка показывают, что Центральная Азия сталкивается с особым вызовом: сочетание высокой ресурсной обеспеченности, водных ограничений и климатической уязвимости делает энергетическую политику фактором трансграничной устойчивости. Здесь активно применяется концепция «водно-энергетико-продовольственного нексуса» (WEF nexus), позволяющая комплексно анализировать взаимозависимости.

В научной литературе по Узбекистану можно выделить три направления. Во-первых, это исследования потенциала возобновляемой энергетики. По данным IEA (2022), солнечный технический потенциал Узбекистана многократно превышает текущее потребление энергии. Это подтверждается академическими работами, оценивающими экономическую эффективность внедрения солнечных и ветровых проектов в жилищном секторе и промышленности. Во-вторых, активно развивается направление, связанное с водородной энергетикой. В статье Yakhshilikov и соавт. (2024, *Energies*) рассматривается роль водорода в транспортном секторе, где Узбекистан уже имеет опыт массового внедрения КПП (CNG). Параллельно в рамках UNECE, Всемирного банка и EBRD разрабатываются «дорожные карты» и пилотные проекты по «зелёному» водороду для промышленности (например, в аммиачной отрасли).

В-третьих, всё больше внимания уделяется вопросам управления энергетическим переходом (governance). Новые исследования анализируют институциональные барьеры и возможности развития ВИЭ в Узбекистане, включая международное сотрудничество (Masdar, ACWA Power) и механизмы государственно-частного партнёрства. Таким образом, литературный обзор показывает:

- на глобальном уровне доминируют работы о декарбонизации, энергетической справедливости и стоимости ВИЭ;
- в СНГ и Центральной Азии акцент сделан на институциональные барьеры, водные ресурсы и энергоэффективность;
- в Узбекистане формируется собственный корпус исследований по солнечной энергетике, водородной стратегии и институциональной экономике энергетики. Развитие солнечной энергетики в последние годы демонстрирует устойчивую положительную динамику. По мнению Х.А. Бахретдиновой[2], размещение

фотоэлектрических станций в Кызылкумской пустыне способно обеспечить такой объём выработки электроэнергии, который покрывает потребности стран СНГ.

Использование возобновляемых источников, в частности солнечной энергии, оказывает многогранное влияние: с одной стороны, это может способствовать росту экономики более чем на 30 %, с другой — позволит почти наполовину сократить использование ископаемого топлива и снизить загрязнение атмосферы более чем на 80 %.

Особое значение имеет экологическая составляющая. Традиционные методы производства электроэнергии сопровождаются значительными выбросами парниковых газов, усиливающих глобальное потепление и повышающих вероятность климатических катастроф. Сжигание угля, нефти и природного газа является основным источником эмиссий углекислого газа, создающего парниковый эффект и вызывающего рост температуры на поверхности планеты.

Переход к солнечной энергетике и другим видам ВИЭ рассматривается как одно из наиболее эффективных решений для снижения объёма выбросов CO₂ и минимизации антропогенной нагрузки на климатическую систему Земли. В долгосрочной перспективе такая трансформация энергетического сектора позволит сочетать экономическое развитие с экологической устойчивостью [2].

Энергетика является крупнейшим источником ПГ и ключевым фактором качества воздуха, водопользования и изменения землепользования. Ускоряющийся климатический риск и технологические сдвиги требуют интегрированного анализа «энергетика ↔ экология».

Показатель	2020	2023	2030(прогноз)
Доля угля в генерации	36%	35%	28%
Доля газа в генерации	23%	22%	20%
Доля ВИЭ (солнечные+ветер)	9%	13%	25%
Доля атома	10%	9%	10%
Выбросы CO ₂ (млрд тонн)	35	37.5	32
Электромобили (млн продажи в г.)	3 млн	14 млн	40 млн

Таблица - 1. Изменение структуры генерации потребления и выбросов на мировом уровне.

Доля солнечной и ветровой генерации быстро увеличивается (с 5% в 2015 году до более чем 13% в 2023 г., по данным IEA). Уголь по-прежнему остаётся крупнейшим источником электричества (около 35% в 2022 г.), но его доля снижается. Газ растёт как «переходное топливо» — меньше выбросов, чем у угля, но всё ещё ископаемое. Атомная энергетика: в ряде стран (Франция, Китай, Россия) сохраняется или даже увеличивается, так как снижает углеродный след.

Вывод: генерация постепенно зеленеет, но скорость недостаточна для целей Парижского соглашения.

Транспорт всё ещё сильно зависит от нефти, но электромобили растут (около 14 млн проданных в 2023 г.).

Промышленность зависит от угля и газа, переход на «зелёный водород» и ВИЭ идёт медленно.

Электрификация растёт, особенно в развитых странах, но в развивающихся регионах дрова и уголь всё ещё используются для отопления/готовки. мировой спрос на энергию растёт, но он начинает смещаться в сторону электричества, что создаёт шанс для декарбонизации при «чистой» генерации.

Мировые выбросы CO₂ в 2022 г. достигли рекорда — ~37,5 млрд тонн. Китай, Индия и страны Юго-Восточной Азии увеличивают выбросы, тогда как ЕС и США постепенно снижают. Несмотря на рост ВИЭ, выбросы остаются высокими из-за увеличения общего энергопотребления.

Снижение угля в ряде стран улучшает качество воздуха, но в Азии загрязнение остаётся критическим. Темпы перехода к «зелёной» энергетике пока недостаточны для ограничения глобального потепления до 1,5–2 °C. Масштабные ВИЭ-проекты требуют земли, металлов и воды, что создаёт новые экологические вызовы.

Мир движется к «чистой» энергетике, но общий рост потребления нивелирует эффект. Для улучшения экологических показателей нужна не только декарбонизация генерации, но и энергоэффективность, снижение потребления углеводородов в транспорте и промышленности, развитие технологий хранения и водорода.

Регион Центральной Азии обладает значительными энергетическими ресурсами, однако характеризуется высокой зависимостью от углеводородов и уязвимостью к климатическим изменениям. Казахстан развивает стратегию перехода к углеродной нейтральности к 2060 году, активно строит солнечные и ветровые станции. Кыргызстан и Таджикистан: ориентируются на гидроэнергетику, которая обеспечивает до 90% электроэнергии, но зависит от водных ресурсов. Туркменистан остаётся преимущественно экспортёром газа, развитие «зелёной энергетике» минимально. Узбекистан реализует масштабные проекты по строительству солнечных и ветровых электростанций в сотрудничестве с иностранными компаниями.

В странах СНГ сохраняется значительная зависимость от традиционных источников энергии. Россия - крупнейший производитель и экспортер нефти и газа,

однако активно развивает атомную энергетику. Беларусь делает ставку на атомную энергетику и программы энергоэффективности. Украина до 2022 года демонстрировала активное развитие ВИЭ, но военный конфликт изменил энергетические приоритеты. Кавказские страны используют гидроэнергетику и газ, активно интегрируются в европейский энергетический рынок. Общая тенденция стран СНГ — более медленный переход к «зелёной энергетике» по сравнению с мировыми лидерами.

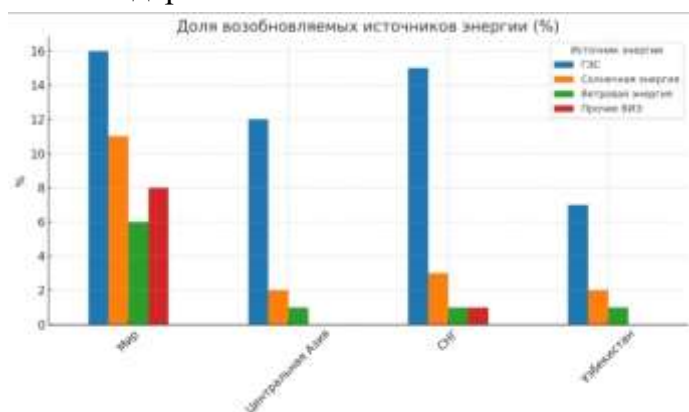


Рисунок -1. Сравнительная таблица структуры (Мир - Центральная Азия - СНГ - Узбекистан) и график по доле возобновляемых источников энергии.

У региона Центральной Азии и стран СНГ есть своя специфика в энергетике и экологии, которая отличает его от других частей мира. Разберём отдельно вызовы и возможности.

Уникальные вызовы:

1. Зависимость от ископаемого топлива. Казахстан, Россия, Туркменистан — крупные экспортеры нефти, газа и угля.
 - а. Экономики сильно зависят от сырьевых доходов → медленный «зелёный переход».
2. Высокая энергоёмкость экономики. В среднем в СНГ производство ВВП требует в 2–3 раза больше энергии, чем в ЕС. Потери при транспортировке электроэнергии и тепла достигают 20–30%.
3. Дефицит воды и «энергетико-водный нексус». Центральная Азия зависит от рек Амударья и Сырдарья. Конфликт интересов: верховья (Киргизия, Таджикистан) строят ГЭС, а низовья (Узбекистан, Казахстан, Туркменистан) нуждаются в воде для ирригации.
4. Старение инфраструктуры. Большая часть электростанций и сетей построена ещё в советское время → низкая эффективность и высокие выбросы.
5. Экологические проблемы. Аральское море (Узбекистан/Казахстан) — крупнейшая региональная катастрофа. Загрязнение воздуха в промышленных городах (Алматы, Бишкек, Ташкент, Екатеринбург и др.).

Уникальные возможности:

1. Огромный потенциал ВИЭ:

Солнце: пустыни Каракумы, Кызылкумы, Ферганская долина → высокий солнечный ресурс.

Ветер: Каспий, степи Казахстана, Памир.

Гидроэнергия: особенно Таджикистан и Киргизия (потенциал до 300 млрд кВт·ч).

2. Развитие водородной экономики. Казахстан и Узбекистан уже разрабатывают проекты «зелёного водорода» для экспорта в Европу.

3. Межрегиональное сотрудничество. Энергетическая интеграция (ЕАЭС, общий рынок электроэнергии, транзитные коридоры). Возможность экспорта «чистой» энергии в ЕС и Китай.

4. Молодые рынки и инвестиции. Международные финансовые институты (ЕБРР, АБР, Всемирный банк) активно инвестируют в ВИЭ в регионе. Узбекистан, Казахстан и Азербайджан стали «пилотными площадками» для солнечных и ветровых парков.

5. Энергоэффективность = быстрый результат. Огромный резерв снижения потребления за счёт утепления домов, модернизации ТЭЦ, замены сетей. Это относительно дешево и даёт эффект уже в краткосрочной перспективе.

Итог проведенного анализа таков:

Вызовы: зависимость от углеводородов, водный дефицит, устаревшие технологии.

Возможности: богатые ресурсы для ВИЭ, инвестиции, экспорт «зелёной» энергии, региональное сотрудничество.

Получается, что Центральная Азия и СНГ стоят на перекрёстке: если сохранить старую модель экономики — регион будет страдать от климатических рисков и нестабильности. Но если использовать потенциал солнца, ветра и воды, то можно стать одним из лидеров «зелёной энергетики» в Евразии.

Узбекистан действительно сталкивается с двумя ключевыми ограничениями:

1. нехватка воды для ГЭС и сельского хозяйства;
2. устаревшие и перегруженные электрические сети.

Поэтому решения должны учитывать эти факторы. Наиболее релевантные решения для Узбекистана:

- Солнечная энергетика как приоритет. Узбекистан — один из лидеров по солнечному потенциалу (свыше 3 000 солнечных часов в год). В отличие от гидроэнергии, солнечные станции не требуют воды. Массовый ввод солнечных парков (Navoi, Samarkand, Jizzakh) уже идёт, важно продолжить масштабирование.

- Ветряная энергетика в пустынных и степных зонах. Особенно перспективны Каракалпакстан, Навоийская и Бухарская области. Ветер хорошо дополняет солнце

(ночью и в зимний период). Международные проекты (ACWA Power, Masdar) уже строят крупные ветропарки.

- Энергоэффективность и сокращение потерь. Потери в сетях и при теплоснабжении достигают 20–30%. Релевантные меры: модернизация ЛЭП и ТЭЦ, установка «умных» счётчиков, утепление зданий, переход к централизованным котельным на газе или ВИЭ вместо старых печей.

- Локальные распределённые решения. Сетевые ограничения делают актуальными малые солнечные станции и микро-сети для сельских районов и фермерских хозяйств. Гибридные системы (солнце + аккумуляторы + дизель/газ-резерв) могут снизить нагрузку на национальную сеть.

- Водосбережение и энергоэффективное сельское хозяйство. В условиях дефицита воды важно сокращать долю ГЭС в структуре будущих проектов. Решения: капельное орошение, энергоэффективные насосные станции, использование солнечных насосов.

- Развитие систем хранения и гибкости сети. Узбекистану нужны аккумуляторы и газовые станции-подстраховки, чтобы компенсировать колебания ВИЭ. Совмещение ВИЭ с модернизированными газовыми станциями — реальный путь до 2030 г.

Для Узбекистана наиболее релевантны: массовое развитие солнечной и ветровой энергетики, энергоэффективность и модернизация сетей, локальные решения (микро-сети, аккумуляторы), водосберегающие технологии в сельском хозяйстве. То есть акцент должен быть на тех технологиях, которые не требуют воды и уменьшают нагрузку на старые сети.

Планы Узбекистана по развитию ВИЭ до 2030 года

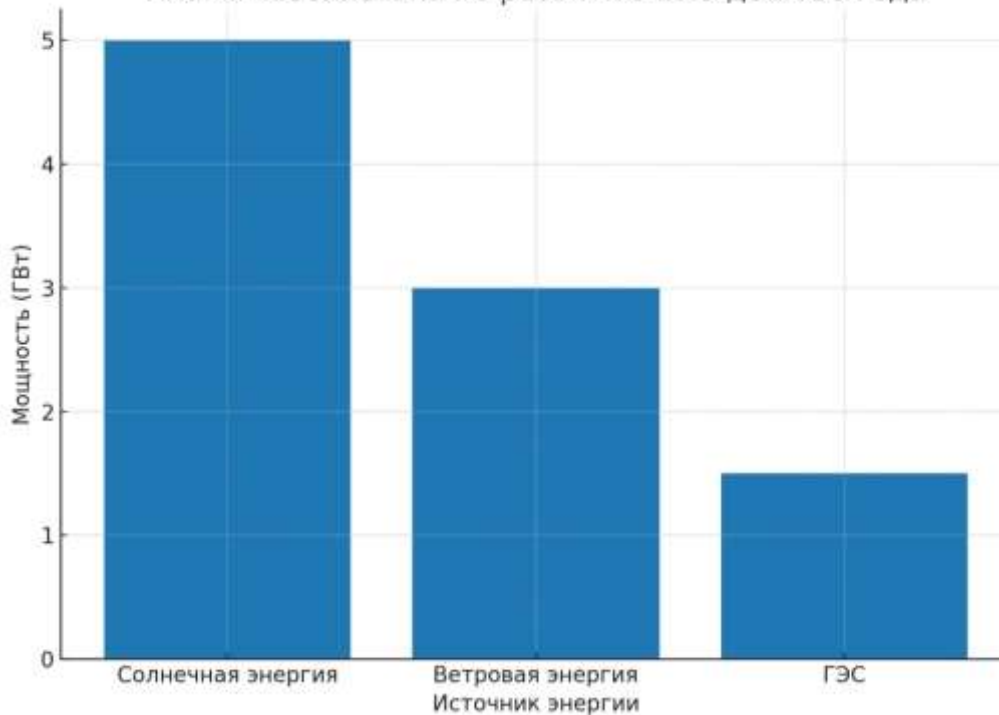


Рисунок - 2. Таблица и график по планам Узбекистана в области возобновляемых источников энергии до 2030 года.

Рост ВИЭ (особенно солнечной и ветровой генерации), развитие накопителей и управляемого спроса; в то же время сохраняются субсидии ископаемому топливу и высокие выбросы метана в нефте- и газодобыче. Рост ВИЭ, особенно солнечной и ветровой генерации — Массовое разворачивание фотоэлектрических и ветровых мощностей происходит благодаря снижению затрат, ускорению разрешительных процедур и международным инвестициям. ВИЭ обеспечивает большую часть нового прироста генерации в большинстве регионов.

Системы аккумуляторного хранения (BESS), гибридные проекты (ВИЭ+накопители) и цифровые платформы управления спросом (demand response) становятся ключевыми элементами сетевой гибкости и интеграции переменной генерации.

Растёт доля электромобилей, тепловых насосов и электрических технологий в промышленности и быту, что увеличивает спрос на электрическую энергию, но одновременно создаёт возможности для декарбонизации, если генерация чистая.

Во многих странах сохраняются субсидии на добычу и потребление нефти/газа/угля, что искажает инвестиционные сигналы и замедляет отход от ископаемых источников.

Утечки и горение попутного газа остаются значительным источником парниковых эффектов: метан имеет существенно более высокий потенциал потепления в краткосрочной перспективе, чем CO₂.

Развиваются направления «чистого» водорода, углеродного захвата и хранения (CCS), а также цифровизация сетей и управление ресурсами, но их масштаб пока недостаточен для компенсации продолжающегося потребления ископаемых.

Энергетическая безопасность требует балансирования быстрой интеграции ВИЭ с развитием гибкости сети (накопители, рынок гибкости, модернизация сетей). Узбекистан: профиль энергосектора

Профиль энергосектора в Узбекистане. Доминирование газовой генерации; быстрый рост солнечных и ветровых проектов через международные аукционы; модернизация сетей и снижение потерь.

Доминирование газа — более 80% электроэнергии в стране вырабатывается на тепловых электростанциях, работающих на природном газе. Это обеспечивает устойчивость энергоснабжения, но повышает зависимость от ископаемого топлива и уязвимость к колебаниям добычи.

Рост ВИЭ — в последние годы стремительно развиваются солнечные и ветровые проекты. С 2019 г. внедрён механизм международных аукционов (при поддержке IFC, ADB и EBRD), что привлекло крупных инвесторов (Masdar, ACWA Power). К

2030 г. Узбекистан планирует довести долю ВИЭ до 25% производства электроэнергии.

Модернизация сетей – реализуются программы по обновлению инфраструктуры, цифровизации диспетчеризации и подключению новых ВИЭ-мощностей. Большое внимание уделяется снижению технических потерь в распределительных сетях (которые ранее превышали 15%).

Региональное значение – Узбекистан становится ключевым игроком в Центральной Азии по развитию ВИЭ и модернизации энергосектора, что усиливает его роль в трансграничной торговле электроэнергией и устойчивости водно-энергетического баланса.

Правительство внедряет тарифную реформу (депрессивные субсидии на газ), постепенный переход к стоимости себестоимости, чтобы стимулировать ВИЭ, повысить инвестиционную привлекательность и модернизировать газовую инфраструктуру.

На мировом уровне наблюдается ускоренный переход к возобновляемой энергетике, вызванный глобальными экологическими целями. В Центральной Азии сохраняется высокая зависимость от традиционных источников энергии, но страны предпринимают активные шаги по внедрению ВИЭ. В странах СНГ процесс перехода замедлен, что связано с ресурсной зависимостью и экономическими особенностями. Узбекистан демонстрирует поступательное движение к «зелёной энергетике», активно привлекая международные инвестиции и технологии.

Энергетическая политика напрямую определяет экологические исходы, а экологические вызовы, в свою очередь, ускоряют трансформацию энергетического сектора. На глобальном уровне ключевыми направлениями остаются так называемые «быстрые победы»: повышение энергоэффективности, сокращение выбросов метана в нефтегазовой отрасли и развитие гибкости энергосистем за счёт накопителей и управляемого спроса.

Для Центральной Азии и Узбекистана к этим вызовам добавляются водные ограничения, уязвимость экосистем и необходимость региональной координации в управлении водно-энергетическим балансом. Важно, чтобы энергетический переход учитывал не только экономические, но и экологические аспекты: снижение углеродного следа, рациональное использование воды, сохранение биоразнообразия и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевым фактором успеха остаются модернизация сетей, создание эффективных институтов управления и справедливая социальная настройка реформ. При этом особое значение приобретает экологизация жизненного цикла энергетических проектов — от строительства и эксплуатации до утилизации отходов и оборудования.

Таким образом, энергетический переход для Узбекистана и региона — это не только инструмент экономического роста и энергетической безопасности, но и экологическая обязанность, обеспечивающая устойчивое будущее и сохранение природного капитала для следующих поколений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мясников Ю. Н. Экология и энергетика будущего // Энергетика и рациональное природопользование. – СПб. : ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2021. – Вып. от 19.05.2021. – С. –.
2. Бахретдинова Х. А. Влияние развития солнечной энергетики на экологию Узбекистана // Энергетика и рациональное природопользование. – 2021. – № 3. – С. 40–50.
3. Башмаков И. Энергоэффективность в России: Потенциал и политика. — Москва: CENEF, 2019.
4. Boute A. Renewable energy auctions in Kazakhstan: A case for regulatory stability // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2020. — Vol. 120. — P. 109647. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109647
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report. — Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
6. International Energy Agency (IEA). Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027. — Paris: IEA, 2022.
7. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Power Generation Costs in 2022. — Abu Dhabi: IRENA, 2023.
8. Karatayev M., Clarke M. A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2016. — Vol. 55. — P. 491–504. DOI: 10.1016/j.rser.2015.10.078
9. Sarkodie S.A., Strezov V. A review on environmental Kuznets curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis // Science of the Total Environment. — 2019. — Vol. 649. — P. 128–145. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.276
10. Smil V. Energy and Civilization: A History. — Cambridge (MA): MIT Press, 2017.
11. Sovacool B.K., Dworkin M.H. Energy justice: Conceptual insights and practical applications // Applied Energy. — 2015. — Vol. 142. — P. 435–444. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.01.002
12. Stern D.I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve // World Development. — 2004. — Vol. 32, № 8. — P. 1419–1439. DOI: 10.1016/j.worlddev.2004.03.004

14. IEA. Uzbekistan 2022: Energy Policy Review. International Energy Agency, Paris, 2022.
15. IEA. Uzbekistan Energy Profile. International Energy Agency, Paris, 2020.
16. IEA. Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap. International Energy Agency, Paris, 2022.
17. World Bank. Uzbekistan to Invest in Modernizing its Energy Sector... Press Release, 2023.
18. OPEC Fund. Annual Report 2023. OPEC Fund, 2023.
19. Global Climatescope. Uzbekistan Market Profile 2024.
20. Report.az. Prospects for 'Green' Energy Transition in Uzbekistan. COP29 coverage, 2024.
21. Wikipedia. Energy in Uzbekistan. (latest update 2025).
22. Enerdata. Uzbekistan Energy Market Report. January 2025.
23. Reuters. ACWA Power signs over \$1.78 bln of deals in renewable energy... October 2024.
24. AP News. Climate change is fueling the disappearance of the Aral Sea... October 2023.