

УДК 914/919

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2026-3-20-35>

Современные энергетические технологии в развитии экономического кластера Тайваня

О.Е. Доленина, Д.Д. Жидкова

**ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
экономический университет», г. Санкт-Петербург**

В статье рассматривается возможность обеспечения экономического развития Тайваня на базе новых энергетических технологий. Основное внимание уделено связи между энергетическим переходом, развитием высокотехнологичного промышленного кластера, туристско-сервисного сектора и возобновляемой энергетики. Для оценки используется расчетно-сравнительный подход: объем производства электроэнергии из возобновляемых источников сопоставляется с потребностью отдельных элементов экономического кластера. В качестве примеров выбраны туристический сектор и полупроводниковая промышленность, представленная компанией TSMC как наиболее значимым участником технологической экономики Тайваня. Расчеты показывают, что для туристско-сервисного направления объем зеленой генерации является более чем достаточным при принятой условной норме потребления. Для полупроводникового кластера ситуация сложнее: годовой объем ВИЭ уже сопоставим с потреблением крупнейшего производителя, однако из-за высокой энергоемкости, требований к круглосуточной стабильности и распределения электроэнергии между всеми секторами экономики полный переход только на ВИЭ пока нереалистичен. Наиболее перспективным вариантом является гибридная энергетическая модель, сочетающая солнечную и офшорную ветроэнергетику, газовую генерацию, накопители энергии, водородные технологии и цифровое управление сетью.

Ключевые слова: Тайвань, гибридная энергетика, кластер, возобновляемые источники энергии.

Введение и постановка проблемы

В условиях глобального энергетического перехода страны Азиатско-Тихоокеанского региона вынуждены одновременно решать две задачи: поддерживать экономический рост и снижать зависимость от традиционных источников энергии. Особенно остро эта проблема проявляется у островных экономик, которые ограничены в собственных топливных ресурсах, зависят от импорта энергоносителей и при этом стремятся сохранять конкурентоспособность в высокотехнологичных отраслях [1].

© Доленина О.Е.,
Жидкова Д.Д., 2026

Тайвань является одним из наиболее показательных примеров такой экономики. Его развитие связано с полупроводниками, электроникой, информационными технологиями, научными парками и производственными цепочками, включенными в мировой рынок. Одновременно энергетическая система Тайваня остается уязвимой из-за зависимости от импортируемого топлива и необходимости обеспечивать стабильное энергоснабжение промышленности [1; 2].

Для высокотехнологичного производства важен не только общий объем электроэнергии, но и ее качество, бесперебойность и предсказуемость. Полупроводниковые фабрики работают в непрерывном режиме, используют сложное оборудование, системы охлаждения, очистки воздуха и воды. Даже кратковременные перебои электроэнергии могут создавать серьезные производственные риски. Поэтому переход Тайваня к новым энергетическим технологиям должен рассматриваться не только как экологическая задача, но и как элемент экономической безопасности [2; 3].

Цель статьи – оценить, может ли Тайвань обеспечить развитие своего экономического кластера на базе новых энергетических технологий. Для достижения цели необходимо рассмотреть структуру экономического кластера, определить основные направления ВИЭ, провести расчет потребности туристического сектора и полупроводникового производства, а затем сопоставить эти потребности с объемом производства электроэнергии из возобновляемых источников.

1. Экономический кластер Тайваня: сущность и структура

Экономический кластер Тайваня можно рассматривать как систему взаимосвязанных отраслей, которые формируют технологическую и экспортную специализацию страны. В его центре находятся полупроводники, электроника, информационные технологии, научно-исследовательские центры, логистика, энергетическая инфраструктура и сектор услуг.

Внутри этого кластера целесообразно выделить два направления экономического развития. Первое направление является внутренним и туристско-сервисным: оно связано с развитием городских сервисов, гостиничной инфраструктуры, транспорта, торговли, культурных объектов и экологически ориентированного туризма. Второе направление является внешнеориентированным и промышленно-технологическим: оно связано с производством полупроводников, электроники, компонентов для машиностроения, оборудования для энергетики, цифровых решений и экспортом высокотехнологичной продукции.

Эти два направления могут сосуществовать в рамках одного регионального экономического пространства, однако они различаются

по характеру спроса на энергию. Туристско-сервисный блок потребляет электроэнергию распределенно и относительно умеренно, поэтому для него быстрее применимы солнечные панели на зданиях, энергоэффективное освещение, зарядная инфраструктура и локальные накопители. Промышленно-технологический блок, напротив, требует непрерывного и высококачественного энергоснабжения, так как полупроводниковое производство, электроника и интеллектуальное машиностроение зависят от стабильной работы оборудования, систем охлаждения, очистки воздуха и воды.

Сектор машиностроения в структуре Тайваня следует понимать не как традиционное тяжелое машиностроение, а как высокотехнологичное и точное производство (рис.1). К нему относятся станки с числовым программным управлением, оборудование для полупроводниковой промышленности, электронные компоненты, робототехника, автоматизированные производственные линии, элементы транспортного и энергетического оборудования. Именно эти направления связывают промышленный кластер с внешними рынками и одновременно повышают требования к надежности энергосистемы.



Рис. 1. Структура экономического кластера Тайваня

Государственная промышленная политика Тайваня делает акцент на инновационных отраслях. В программе «5+2 Innovative Industries» выделялись интеллектуальное машиностроение, Asia Silicon Valley, зеленая энергетика, биомедицина, оборонная и аэрокосмическая промышленность, новое сельское хозяйство и циркулярная экономика. Смысл этой программы заключался в переходе от контрактного

производства к модели с большей добавленной стоимостью, услугами и технологическими решениями [4].

В более поздних программных документах Тайвань усилил акцент на стратегических секторах, связанных с полупроводниками, искусственным интеллектом, безопасностью и коммуникационными технологиями нового поколения. Это показывает, что энергетическое развитие неотделимо от задач промышленной политики: чем быстрее растут AI, дата-центры, производство чипов и цифровая экономика, тем выше становится нагрузка на энергосистему [5].

Структурно экономический кластер Тайваня можно разделить на четыре блока. Первый блок – высокотехнологичное ядро, включающее полупроводники, электронику, IT, AI, центры обработки данных и научные парки. Второй блок – энергетическая и инфраструктурная база: электростанции, сети, накопители энергии, водородные проекты, морская ветроэнергетика и цифровое управление нагрузкой. Третий блок – сервисная экономика: туризм, транспорт, торговля, деловые услуги, образование и финансы. Четвертый блок – международная интеграция, выраженная через консорциумы, проектное финансирование и импорт технологий.

Таким образом, вопрос об обеспечении экономического кластера Тайваня энергией нельзя сводить только к наращиванию установленной мощности. Для сервисного сектора достаточно относительно умеренного объема электроэнергии, а для полупроводниковой промышленности критически важны стабильность, непрерывность и качество поставки.

2. Структура альтернативной энергетики Тайваня

Альтернативная энергетика Тайваня развивается по нескольким направлениям. Наиболее значимыми являются солнечная и ветровая энергетика. Дополнительную роль играют гидроэнергетика, waste-to-energy, биомасса и геотермия. Отдельное значение имеют накопители энергии, водородные технологии и цифровые сети, так как они позволяют интегрировать переменную генерацию в энергосистему [6; 7].

По данным Taiwan Power Company, к концу 2025 года установленная мощность возобновляемой энергетики Тайваня составила 22 872 МВт (см. табл.1). Основную часть мощности обеспечивала солнечная энергетика – 15 474 МВт. Ветроэнергетика составила 4 517 МВт, гидроэнергетика – 2 124 МВт, waste-to-energy – 664 МВт, биомасса – 84 МВт, геотермальная энергетика – 7 МВт [6].

Важно различать установленную мощность и фактическую выработку. Установленная мощность показывает техническую способность электростанций производить электроэнергию в конкретный момент времени. Фактическая выработка показывает объем

энергии, произведенный за период. Для оценки возможности покрытия потребностей экономики нужно использовать именно объем производства и потребления электроэнергии, выраженный в МВт·ч или ГВт·ч.

Таблица 1

Структура установленной мощности ВИЭ Тайваня к концу 2025 г. [6]

Вид энергетики	Установленная мощность, МВт	Роль в энергосистеме
Солнечная энергетика	15 474	Основной источник роста ВИЭ
Ветроэнергетика	4 517	Ключевое направление, особенно offshore wind
Гидроэнергетика	2 124	Стабилизирующий источник с ограниченным ростом
Waste-to-energy	664	Утилизация отходов и вспомогательная генерация
Биомасса	84	Небольшой дополнительный источник
Геотермия	7	Нишевое перспективное направление
Всего	22 872	Совокупная база ВИЭ

По объему выработки электроэнергии из ВИЭ Тайвань к концу 2025 года достиг 37 813 736 МВт·ч, или 37 813,7 ГВт·ч (табл.2). Наибольший вклад также дали солнечная и ветровая энергетика. Солнечная генерация составила 15 975 107 МВт·ч, ветровая – 12 202 451 МВт·ч, гидроэнергетика – 5 499 157 МВт·ч, waste-to-energy – 3 841 879 МВт·ч, биомасса – 269 299 МВт·ч, геотермия – 25 843 МВт·ч [6].

Таблица 2

Производство электроэнергии из ВИЭ на Тайване к концу 2025 года [6]

Вид энергетики	Производство, МВт·ч	Производство, ГВт·ч
Солнечная энергетика	15 975 107	15 975,1
Ветроэнергетика	12 202 451	12 202,5
Гидроэнергетика	5 499 157	5 499,2
Waste-to-energy	3 841 879	3 841,9
Биомасса	269 299	269,3
Геотермия	25 843	25,8
Всего	37 813 736	37 813,7

Эти данные показывают, что солнечная и ветровая энергетика являются основой энергетического перехода Тайваня. При этом для стабильности всей системы требуется не только наращивание мощности, но и развитие накопителей, цифрового управления, гибких газовых станций и водородных технологий.

3. Новые энергетические технологии как фактор развития кластера

Новые энергетические технологии на Тайване имеют двойное значение. С одной стороны, они увеличивают долю низкоуглеродной генерации. С другой стороны, они формируют самостоятельный рынок оборудования, проектирования, финансирования, цифрового управления и сервисного обслуживания. Поэтому зеленая энергетика становится не только источником электроэнергии, но и частью промышленной политики.

Одним из ключевых направлений является солнечная энергетика. Она подходит для распределенной генерации, установки на крышах, промышленных объектах, парковках и в агровольтаических проектах. Однако ее развитие ограничено нехваткой земли, плотностью застройки и зависимостью от времени суток.

Второе направление – офшорная ветроэнергетика. Для островной экономики она имеет особое значение, так как позволяет использовать морское пространство и формировать крупные проекты с международным финансированием. Офшорные ветропарки требуют сложной инфраструктуры: портов, кабелей, турбин, судов, инженерных компетенций и долгосрочных контрактов.

Третье направление – накопители энергии. Без них рост солнечной и ветровой генерации создает риски для энергосистемы, потому что производство зависит от погоды и времени суток. Накопители позволяют сглаживать пики и провалы, поддерживать частоту сети и повышать надежность поставки.

Четвертое направление – водород и водородосодержащие топлива. На современном этапе это скорее перспективная технология, чем массовый источник энергии. Однако водород может использоваться для транспорта, промышленных процессов, резервной генерации и смешения с газом на гибридных электростанциях.

Пятое направление – цифровые сети и управление спросом. Для Тайваня это особенно важно, потому что высокотехнологичное производство требует стабильной подачи энергии. Умные счетчики, прогнозирование нагрузки, цифровые платформы и управление потреблением позволяют эффективнее использовать уже имеющиеся мощности.

По степени развитости и перспективности направления новой энергетике Тайваня можно распределить следующим образом. Наиболее развитой базой уже выступает солнечная энергетика: она имеет крупнейшую установленную мощность среди ВИЭ и может быстро внедряться на крышах зданий, промышленных площадках и объектах сервиса. Наиболее перспективным направлением для крупной генерации является офшорная ветроэнергетика, поскольку островное

положение Тайваня позволяет использовать морское пространство и привлекать международное проектное финансирование. Гидроэнергетика, waste-to-energy и биомасса выполняют вспомогательную и стабилизирующую роль, но их потенциал роста ограничен ресурсной базой. Геотермальная энергетика и водородные технологии пока менее развиты, однако они важны как долгосрочные элементы гибридной низкоуглеродной системы. Следовательно, практическая опора энергетического перехода Тайваня на ближайшем этапе – это сочетание солнечной энергетики, офшорного ветра, накопителей энергии и цифрового управления сетью.

4. Методика расчетной оценки

Для оценки возможностей Тайваня по обеспечению экономического кластера на базе новых энергетических технологий используется расчетно-сравнительный подход. Его суть состоит в том, что объем производства электроэнергии из возобновляемых источников сопоставляется с расчетной потребностью отдельных секторов экономики.

В работе рассматриваются два направления: туристско-сервисный сектор и полупроводниковый/IT-кластер. Туристический сектор выбран как пример менее энергоемкого направления, где зеленая энергетика может быть внедрена относительно быстро. Полупроводниковый сектор выбран как пример стратегически важного и энергоемкого направления, определяющего международную конкурентоспособность Тайваня.

Для расчетов используется несколько формул. Первая формула позволяет определить потребность сектора в электроэнергии:

$$E = N \times T \times q,$$

где E – расчетное потребление электроэнергии, кВт·ч; N – количество потребителей или туристов, человек; T – продолжительность потребления или средняя длительность пребывания, суток; q – норма потребления электроэнергии на одного человека в сутки, кВт·ч.

Вторая формула показывает уровень покрытия потребности сектора зеленой генерацией:

$$K = E_{\text{ВИЭ}} / E_{\text{сектора}} \times 100\%,$$

где K – уровень покрытия, %; $E_{\text{ВИЭ}}$ – годовой объем производства электроэнергии из возобновляемых источников, ГВт·ч; $E_{\text{сектора}}$ – годовая потребность выбранного сектора, ГВт·ч.

Если K больше 100%, годовой объем зеленой генерации теоретически превышает потребность сектора. Если K меньше 100%, зеленой генерации недостаточно.

Третья формула показывает долю потребности сектора в общем объеме ВИЭ: $D = E_{\text{сектора}} / E_{\text{ВИЭ}} \times 100\%$,

где D – доля потребления сектора в годовом объеме производства электроэнергии из ВИЭ, %.

Эта формула нужна для оценки нагрузки сектора на зеленую энергосистему.

Методика имеет ограничения. Она не учитывает почасовую нагрузку, сезонность, потери в сетях, региональные ограничения, структуру тарифов и невозможность направить всю зеленую генерацию на один сектор. Тем не менее, она позволяет получить базовую оценку масштаба и определить, какие направления экономики проще обеспечить новыми энергетическими технологиями.

5. Расчет возможности обеспечения туристического сектора

Туристический сектор является частью сферы услуг и может рассматриваться как один из элементов экономического кластера Тайваня. Он требует электроэнергии для гостиниц, транспорта, предприятий питания, освещения, кондиционирования, торговой инфраструктуры и культурно-развлекательных объектов. При этом по сравнению с полупроводниковым производством туризм является значительно менее энергоемким направлением.

Для расчетной оценки используется число въездных туристов и средняя продолжительность пребывания. По данным Tourism Administration Taiwan, в 2024 году Тайвань посетили 7 857 686 въездных туристов, а средняя продолжительность пребывания составила 6,98 ночи (табл.3). Для упрощенной оценки принимается условие: один турист в сутки потребляет 1 кВт·ч электроэнергии [8].

Потребность туристического сектора рассчитывается по формуле $E_{\text{тур}} = N \times T \times q$.

Подставим значения:

$$E_{\text{тур}} = 7\,857\,686 \times 6,98 \times 1 = 54\,846\,648,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Для сопоставления с производством ВИЭ значение переводится в ГВт·ч: $54\,846\,648,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 54,85 \text{ ГВт}\cdot\text{ч}$.

Таблица 3

Расчет потребления электроэнергии туристическим сектором

Показатель	Значение
Количество въездных туристов в 2024 году	7 857 686 человек
Средняя продолжительность пребывания	6,98 суток
Расчетная норма потребления	1 кВт·ч/сутки
Итоговое потребление	54 846 648,28 кВт·ч
Итоговое потребление	54,85 ГВт·ч

Теперь рассчитывается уровень покрытия этой потребности зеленой генерацией. Производство электроэнергии из ВИЭ на Тайване составляет 37 813,7 ГВт·ч. Формула покрытия:

$$K_{\text{тур}} = E_{\text{ВИЭ}} / E_{\text{тур}} \times 100\%.$$

Подставим значения: $K_{\text{тур}} = 37\,813,7 / 54,85 \times 100\% = 68\,944,5\%$.

Полученный результат показывает, что при принятой норме 1 кВт·ч на туриста в сутки производство электроэнергии из ВИЭ многократно превышает расчетную потребность туристического потока (табл.4). Это означает, что туристско-сервисный сектор является наиболее реалистичным направлением для внедрения зеленой энергетики.

Таблица 4

Покрытие туристического потребления электроэнергии из ВИЭ

Показатель	Значение
Производство электроэнергии из ВИЭ	37 813,7 ГВт·ч
Расчетное потребление туристического сектора	54,85 ГВт·ч
Уровень покрытия	68 944,5%

Однако результат нельзя понимать, как полную оценку всей туристической отрасли. В расчет не включены аэропорты, крупные транспортные узлы, железнодорожная инфраструктура, гостиничные комплексы, торговые центры и косвенное энергопотребление. Поэтому расчет отражает минимальную оценку энергетической нагрузки туристического потока, а не полный энергетический след туризма.

6. Расчет возможности обеспечения полупроводникового и IT-кластера

Полупроводниковая промышленность является центральным элементом экономического кластера Тайваня. В отличие от туризма, этот сектор требует большого объема электроэнергии и стабильного круглосуточного энергоснабжения. Для оценки масштаба используется TSMC как крупнейший представитель полупроводниковой промышленности Тайваня.

В годовом отчете TSMC за 2024 год указано, что компания использовала 3 610 ГВт·ч возобновляемой энергии, а доля возобновляемой энергии в общем энергопотреблении составила 14,1% (см. табл.5). На основе этих данных можно рассчитать общий объем энергопотребления компании [3].

Формула расчета общего энергопотребления:

$$E_{\text{общ}} = E_{\text{ВИЭ TSMC}} / D_{\text{ВИЭ}},$$

где $E_{\text{общ}}$ – общее энергопотребление TSMC, ГВт·ч; $E_{\text{ВИЭ TSMC}}$ – объем использованной компанией возобновляемой энергии, ГВт·ч; $D_{\text{ВИЭ}}$ – доля возобновляемой энергии в энергопотреблении компании. Подставим значения: $E_{\text{общ}} = 3\,610 / 0,141 = 25\,602,8$ ГВт·ч.

Далее этот показатель сопоставляется с производством электроэнергии из ВИЭ на Тайване.

Формула: $K_{IT} = E_{ВИЭ \text{ Тайваня}} / E_{TSMC} \times 100\%$. Подставим значения: $K_{IT} = 37\,813,7 / 25\,602,8 \times 100\% = 147,7\%$.

Таблица 5
Сопоставление ВИЭ Тайваня и энергопотребления TSMC

Показатель	Значение
Производство электроэнергии из ВИЭ на Тайване	37 813,7 ГВт·ч
Возобновляемая энергия, использованная TSMC	3 610 ГВт·ч
Доля ВИЭ в энергопотреблении TSMC	14,1%
Расчетное общее энергопотребление TSMC	25 602,8 ГВт·ч
Теоретический уровень покрытия	147,7%

На первый взгляд, объем производства электроэнергии из ВИЭ на Тайване превышает расчетное энергопотребление TSMC. Однако этот результат не означает, что полупроводниковый сектор уже можно полностью перевести на зеленую энергетику.

Во-первых, вся электроэнергия из ВИЭ не может быть направлена только на одну компанию. Она распределяется между населением, промышленностью, транспортом, сферой услуг и государственным сектором. Во-вторых, производство микрочипов требует стабильной электроэнергии 24 часа в сутки, тогда как солнечная и ветровая генерация зависят от времени суток и погодных условий. В-третьих, IT-кластер Тайваня шире, чем одна компания. Он включает производителей электроники, поставщиков оборудования, дата-центры, научные центры, логистику, проектирование микросхем и вспомогательные производства.

Следовательно, годовой объем зеленой генерации Тайваня уже сопоставим с энергопотреблением крупнейшего представителя полупроводникового сектора, однако полное обеспечение всего IT-кластера только за счет ВИЭ пока нереалистично. Для этого необходима гибридная энергетическая модель.

7. Сравнительная оценка туристического и промышленного направления

Для наглядности сопоставим три показателя: расчетное потребление туристического сектора, расчетное энергопотребление TSMC и общий объем производства электроэнергии из ВИЭ на Тайване (табл.6). Такое сравнение показывает различие между сервисным и промышленным элементами экономического кластера.

Таблица 6
Сравнение энергетических показателей

Показатель	Значение, ГВт·ч
Расчетное потребление туристического сектора	54,85
Расчетное энергопотребление TSMC	25 602,8
Производство электроэнергии из ВИЭ на Тайване	37 813,7

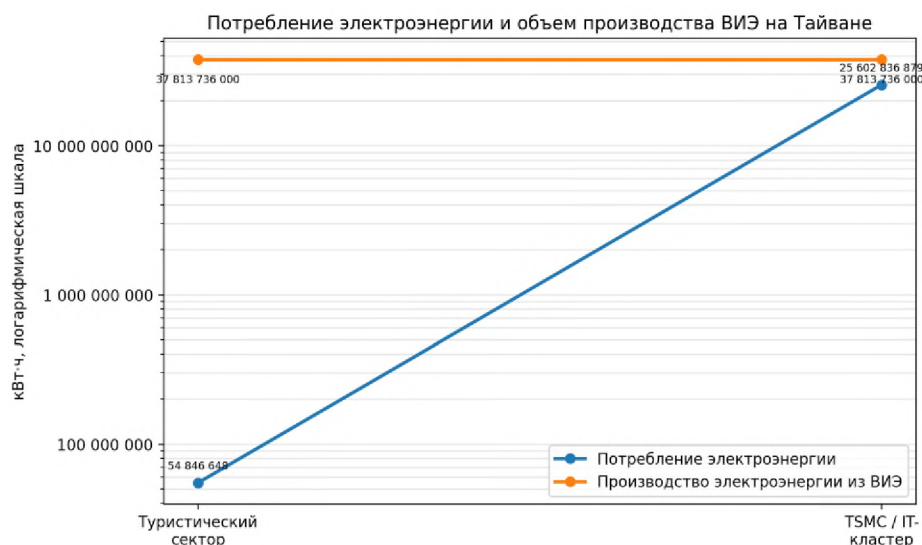


Рис. 2. Линейный график потребления электроэнергии и объема производства ВИЭ на Тайване, кВт·ч

На графике данные представлены в кВт·ч. Используется логарифмическая шкала (рис.2), потому что значения существенно различаются по масштабу: расчетное потребление туристического сектора составляет 54 846 648 кВт·ч, расчетное энергопотребление TSMC – около 25 602 837 000 кВт·ч, а годовое производство электроэнергии из ВИЭ на Тайване – 37 813 736 000 кВт·ч. Линия производства ВИЭ показана как общий национальный объем зеленой генерации, с которым сопоставляется потребность каждого выбранного сектора.

Доля туристического сектора в общем объеме производства электроэнергии из ВИЭ рассчитывается по формуле

$D_{\text{тур}} = E_{\text{тур}} / E_{\text{ВИЭ}} \times 100\%$. Подставим значения: $D_{\text{тур}} = 54,85 / 37\,813,7 \times 100\% = 0,15\%$. Доля TSMC рассчитывается аналогично: $D_{\text{TSMC}} = 25\,602,8 / 37\,813,7 \times 100\% = 67,7\%$ (табл.7).

Таблица 7

Доля потребности секторов в общем объеме производства ВИЭ

Сектор	Доля от производства ВИЭ
Туристический сектор	0,15%
TSMC как представитель полупроводникового кластера	67,7%

Сравнение показывает, что туристический сектор является относительно легким направлением для зеленой энергетики. Его расчетная потребность занимает менее 1% от годовой выработки ВИЭ.

Полупроводниковый сектор, наоборот, является крайне энергоемким. Даже одна крупнейшая компания потребляет объем электроэнергии, сопоставимый с большей частью всей годовой выработки ВИЭ на Тайване.

8. Возможности и ограничения энергетического перехода Тайваня

Результаты расчетов позволяют выделить несколько направлений, где новые энергетические технологии могут поддерживать развитие экономического кластера Тайваня. Первое направление – зеленый туризм. Туристско-сервисный сектор может использовать солнечные панели на гостиницах, энергоэффективное освещение, зарядную инфраструктуру для электротранспорта, умное управление зданиями и экологическую сертификацию [7].

Второе направление – частичное обеспечение IT-кластера через прямые договоры покупки зеленой электроэнергии. Крупные компании могут заключать долгосрочные контракты на поставку электроэнергии из ВИЭ, инвестировать в ветровые и солнечные проекты, устанавливать накопители энергии и повышать энергоэффективность производственных процессов [7].

Третье направление – развитие офшорной ветроэнергетики. Для Тайваня это один из наиболее перспективных источников крупной зеленой генерации. При этом офшорная ветроэнергетика требует значительных инвестиций, портовой инфраструктуры, инженерных компетенций и международного финансирования [6].

Четвертое направление – накопители энергии и цифровое управление. Эти технологии позволяют компенсировать нестабильность солнечной и ветровой генерации. Без накопителей и цифрового управления рост ВИЭ может создавать риски для энергосистемы, особенно при высокой концентрации энергоемкого производства.

Пятое направление – водород и зеленый аммиак. Эти технологии пока не являются массовыми, но могут использоваться как долгосрочный элемент низкоуглеродной энергетики, особенно в транспорте, резервной генерации и промышленности [7].

Основные ограничения связаны с территорией, высокой плотностью населения, зависимостью ВИЭ от природных условий и требованиями промышленности к стабильной электроэнергии. Тайвань не может быстро заменить всю традиционную генерацию только солнечной и ветровой энергетикой. Поэтому переход должен быть постепенным и технологически сбалансированным [2].

9. Почему гибридная модель является наиболее реалистичной

С экономической точки зрения для Тайваня наиболее реалистична не модель полного отказа от традиционной энергетики, а

гибридная энергетическая система. Она должна соединять солнечную энергетику, офшорный ветер, газовую генерацию, накопители энергии, водородные технологии и цифровое управление спросом.

Гибридная модель позволяет снижать углеродный след, но одновременно сохранять устойчивость электроснабжения. Это особенно важно для полупроводниковой промышленности, где перебои электроэнергии могут привести к серьезным экономическим потерям. Солнечная и ветровая энергетика дают низкоуглеродную генерацию, но требуют резервирования. Газовая генерация может выполнять переходную функцию, накопители – сглаживать колебания, водород – формировать долгосрочный низкоуглеродный резерв, а цифровые сети – управлять нагрузкой.

Наиболее перспективными для Тайваня являются несколько технологических сочетаний. Первое сочетание – офшорный ветер, газовая генерация и накопители энергии: ветер дает крупный объем низкоуглеродной электроэнергии, газовые станции обеспечивают резерв при колебаниях генерации, а накопители сглаживают пики нагрузки. Второе сочетание – солнечная энергетика, локальные аккумуляторы и цифровое управление спросом: такая модель особенно подходит для гостиниц, торговых объектов, кампусов, научных парков и городской инфраструктуры. Третье сочетание – СПГ, водородные технологии и зеленый аммиак: оно может использоваться как переходная и резервная база для промышленности, где требуется непрерывность энергоснабжения. Для полупроводникового сектора наиболее важна не отдельная технология, а надежная комбинация ВИЭ, резервной генерации, накопителей и долгосрочных контрактов на поставку зеленой электроэнергии.

Такая модель также соответствует промышленным интересам Тайваня. Развитие зеленой энергетики создает спрос на оборудование, инженерные решения, финансовые инструменты, цифровые платформы и энергоэффективные технологии. Следовательно, энергетический переход может стать не только экологическим процессом, но и источником нового экономического роста [4].

Отдельное место в гибридной модели может занимать биопереработка, включая waste-to-energy и биомассу. Для Тайваня это не основной источник энергии, но важное вспомогательное направление, которое соединяет энергетику, экологическую политику и городское хозяйство. Переработка отходов может снижать нагрузку на полигоны, обеспечивать дополнительную генерацию и поддерживать туристско-сервисный сектор через более устойчивую городскую инфраструктуру.

Для туристического сектора гибридная модель означает возможность быстрого внедрения зеленых решений на уровне объектов:

гостиниц, транспортных узлов, культурных объектов и городских сервисов. Для полупроводникового сектора она означает более сложную задачу: сочетание прямых закупок зеленой электроэнергии, накопителей, резервной генерации, энергоэффективности и долгосрочной модернизации сети.

Выводы

Проведенный анализ показывает, что Тайвань может использовать новые энергетические технологии как фактор экономического развития, однако возможности их применения различаются по секторам. В рамках туристско-сервисного направления переход к зеленой энергетике выглядит наиболее реалистичным: расчетная потребность въездного туристического потока составляет около 54,85 ГВт·ч, что занимает лишь небольшую долю годовой выработки электроэнергии из ВИЭ. Поэтому для гостиниц, транспортных узлов, городских сервисов и объектов туризма возможно достаточно быстрое внедрение солнечной генерации, энергоэффективных решений, локальных накопителей и цифрового управления потреблением.

В рамках полупроводникового и IT-кластера ситуация принципиально сложнее. Расчетное энергопотребление TSMC составляет около 25 602,8 ГВт·ч, то есть сопоставимо со значительной частью всей годовой выработки электроэнергии из ВИЭ на Тайване. Формально объем зеленой генерации превышает потребность одной крупнейшей компании, но практически направить всю возобновляемую электроэнергию только на полупроводниковое производство невозможно, поскольку она распределяется между населением, промышленностью, транспортом, сферой услуг и государственным сектором.

Следовательно, в пределах одного экономического кластера возможны разные энергетические модели. Туристско-сервисный блок может развиваться на базе ВИЭ значительно быстрее, потому что его нагрузка ниже и более распределена. Высокотехнологичный промышленный блок не может быть полностью обеспечен только солнечной и ветровой генерацией на современном этапе, так как ему необходима непрерывная, предсказуемая и качественная подача электроэнергии. Территориально туристский и промышленный кластеры могут пересекаться, но энергетически они не могут обслуживаться одной и той же упрощенной моделью.

Наиболее реалистичным направлением для Тайваня является гибридная энергетическая модель. Она должна сочетать солнечную генерацию, офшорную ветроэнергетику, газовую генерацию и СПГ как переходный резерв, накопители энергии, цифровое управление сетями, водородные технологии, зеленый аммиак, а также вспомогательную

биоэнергетику и переработку отходов. Такая система позволяет одновременно снижать углеродный след, поддерживать развитие сервисной экономики и сохранять надежность энергоснабжения для полупроводникового производства.

Итоговый ответ на поставленный вопрос является дифференцированным. Тайвань способен развивать свой экономический кластер на базе новых энергетических технологий, но не может полностью заменить ими всю традиционную энергетическую базу высокотехнологичной промышленности в краткосрочной перспективе. Для внутреннего туристско-сервисного направления зеленая энергетика может стать одной из основных опор устойчивого развития. Для внешнеориентированного промышленно-технологического направления она должна выступать частью гибридной модели, дополняемой резервной генерацией, накопителями, СПГ, водородом и цифровым управлением энергосистемой.

Список литературы

1. Taiwan Power Company. Overview of the Development of Renewable Energy. URL: <https://www.taipower.com.tw/2764/2826/2842/2845/simpleList>.
2. Tourism Administration, Republic of China (Taiwan). 2024 Annual Survey Report on Visitors Expenditure and Trends in Taiwan. URL: <https://admin.taiwan.net.tw/fapi/AttFile?id=38412&type=AttFile>.
3. TSMC. 2024 Annual Report. Corporate Sustainability / ESG. URL: https://investor.tsmc.com/sites/ir/annual-report/2024/2024%20Annual%20Report_E.pdf.
4. Executive Yuan, R.O.C. Five plus two innovative industries plan. URL: <https://english.ey.gov.tw/iip/B0C195AE54832FAD>.
5. National Development Council. Policy Guidelines set out by Premier. URL: <https://www.ndc.gov.tw/en/cp.aspx?n=5915DEE8FA27DD93&s=ED7AA318C5E20E16>.
6. Ministry of Economic Affairs, R.O.C. Ministry of Economic Affairs Releases the 2023 National Electricity Supply and Demand Report. URL: https://www.moea.gov.tw/Mns/english/news/News.aspx?kind=6&menu_id=176&news_id=115933.
7. Executive Yuan, R.O.C. Premier Lai Ching-te oral policy report: green energy industry and Shalun Green Energy Science City. URL: <https://english.ey.gov.tw/Page/878D1F23A9E61177/a0d373db-ba15-460d-890f-a9b659bc37b4>.
8. National Council for Sustainable Development. Taiwan Voluntary National Review. URL: https://ncsd.ndc.gov.tw/_ofu/download/Vhome/2022%20Taiwan%27s%20Voluntary%20National%20Review.pdf.

Об авторах:

ДОЛЕНИНА Ольга Евгеньевна – кандидат географических наук, доцент кафедры региональной экономики и природопользования, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» (191023, г. Санкт-Петербург, наб. канал Грибоедова, д. 30-32, литер А), e-mail: dolenina@mail.ru, ORCID: 0009-0006-0527-8249, SPIN-код: 1560-8856.

ЖИДКОВА Дарья Дмитриевна – студентка зарубежного регионоведения, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» (191023, г. Санкт-Петербург, наб. канал Грибоедова, д. 30-32, литер А), e-mail: darazidkova9095@gmail.com.

Modern energy technologies in the development of Taiwan's economic cluster

O.E. Dolenina, D.D. Zhidkova

Saint Petersburg State University of Economics, Saint Petersburg.

This article examines the feasibility of Taiwan's economic development based on new energy technologies. It focuses on the relationship between the energy transition, the development of a high-tech industrial cluster, the tourism and service sector, and renewable energy. A comparative approach is used for the assessment: the volume of electricity generation from renewable sources is compared with the demand of individual elements of the economic cluster. The tourism sector and the semiconductor industry, represented by TSMC as the most significant player in Taiwan's technology economy, are used as examples. Calculations show that for the tourism and service sector, the volume of renewable energy generation is more than sufficient given the assumed consumption rate. For the semiconductor cluster, the situation is more complex: the annual volume of renewable energy is already comparable to the consumption of the largest manufacturer. However, due to high energy intensity, requirements for 24-hour stability, and the distribution of electricity across all sectors of the economy, a complete transition to renewable energy alone is currently unrealistic. The most promising option is a hybrid energy model combining solar and offshore wind power, gas generation, energy storage, hydrogen technology and digital grid management.

Keywords: *Taiwan, hybrid energy, cluster, renewable energy.*

Рукопись поступила в редакцию 15.07.2026

Рукопись принята к печати 20.07.2026