

Полина ЛЮБОМИРОВА

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РАЗВИТИЯ ШЕЛЬФОВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ НА ПРИМЕРЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

Дата поступления в редакцию: 19.06.2025.

Для цитирования: Любомирова П. В., 2025. Оценка потенциала развития шельфовой ветроэнергетики в Каспийском море на примере Азербайджана. – Геоэкономика энергетики. № 3 (31). С. 64–84. DOI: 10.48137/26870703_2025_31_3_64

Шельфовая ветроэнергетика представляет собой один из приоритетных векторов развития возобновляемой энергетики, играя важную роль в процессе глобального энергетического перехода и достижении целей в области устойчивого развития. В условиях необходимости декарбонизации экономики и диверсификации энергетического баланса страны, имеющие выход к морю, получают стратегическое преимущество за счет возможности освоения офшорного ветропотенциала. Азербайджан, обладая оценочным техническим потенциалом в объеме до 157 ГВт в акватории Каспийского моря, представляет собой перспективное направление для развития шельфовой ветроэнергетики. Несмотря на благоприятные природно-географические условия, на момент проведения исследования в стране не был реализован ни один офшорный проект. В статье проведен комплексный анализ ключевых барьеров, ограничивающих развитие сектора, включая технологические, экономические и институциональные аспекты. Методология исследования

ЛЮБОМИРОВА Полина Владимировна, соискатель, Международный институт энергетической политики и дипломатии (МИЭП) Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД Российской Федерации (МГИМО), директор по развитию бизнеса, компания «Аква Пауэр». Адрес: Российская Федерация, г. Москва, 119454, просп. Вернадского, 76; Республика Азербайджан, г. Баку, AZ1000, ул. Низами, 90а. E-mail: polina@lyubomirova.ru. ORCID: 0009-0001-7887-9399

Ключевые слова: шельфовая ветроэнергетика, Каспийское море, энергетический переход, Азербайджан, ВИЭ, LCOE, экспорт электроэнергии, декарбонизация, диверсификация, устойчивое развитие.

основана на применении *SWOT*-анализа и сценарного подхода, что позволяет определить условия, необходимые для формирования эффективной ветроэнергетической отрасли в прибрежной зоне Азербайджана. Особое внимание уделяется вопросам государственной поддержки, развитию специализированной инфраструктуры, а также стимулированию инвестиций со стороны частного сектора. Учитывая усиливающийся мировой интерес к возобновляемым источникам энергии, интегрированный подход к планированию и реализации шельфовых проектов становится особенно актуальным. Статья предлагает несколько сценариев развития шельфовой ветроэнергетики, из которых наиболее перспективным представляется экспорт электроэнергии по трансрегиональным энергетическим коридорам в Европу. Автор подчеркивает необходимость системного и межсекторального подхода к развитию шельфовой ветроэнергетики как инструмента устойчивого роста, энергетической безопасности и декарбонизации. Только при наличии целостной стратегии возможно полное раскрытие потенциала шельфовой ветроэнергетики и интеграция Азербайджана в международные энергетические цепочки.

Введение

Начиная с 2015 г. шельфовая (офшорная) ветроэнергетика заняла ключевое место в стратегиях энергетического перехода многих стран как с развитыми, так и с формирующимися рынками возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Высокая производственная эффективность офшорной энергетики, а также способность к масштабированию и стратегическая роль в процессе декарбонизации сделали эту технологию приоритетной для энергетических стратегий Германии, Великобритании, Китая, США и других. В соответствии с этим формировались основные центры развития этой технологии, такие как Северное море, части Балтийского моря, Бискайский залив, восточное побережье США и Средиземное море. Шельфовая энергетика также стала одним из самых востребованных источников энергии в портфелях международных нефтегазовых и энергетических компаний, в то время как государства западного мира и ряд стран Восточной Азии уже обладали зрелым опытом в области развития возобновляемой энергетики и начали осваивать передовые технологии, включая шельфовую ветроэнергетику, страны с формирующимся сектором ВИЭ, такие как Азербайджан, стали интегрировать офшорные ветропарки в свои национальные энергетические стратегии на ранних этапах развития.

В 2022 г. Всемирным банком было проведено исследование, представляющее стратегическое видение развития офшорной ветроэнергетики в Азербайджане, рассматривая как возможности, так и вызовы при различных сценариях роста. Исследование показало, что технический

потенциал Азербайджана для шельфовой ветроэнергетики в Каспийском море составляет 157 ГВт, что послужило основой для быстро растущего интереса к развитию этой технологии в данном регионе. Однако, несмотря на активное участие игроков, таких как *SOCAR*, *Masdar*, *ACWA Power*, *Fortescue Future Industries* и других, ни один проект на сегодняшний день не достиг стадии фактической реализации. Важно понять, почему развитие шельфовой ветроэнергетики в стране с таким большим техническим потенциалом не происходит так же быстро и успешно, как в других странах.

Актуальность и цель работы

Целью настоящего исследования является анализ факторов, препятствующих активному развитию офшорной ветроэнергетики в Азербайджане, выявление причин разрыва между потенциалом и практикой, несмотря на высокие технические показатели и политико-экономический интерес к данному направлению энергетики. Работа направлена на выявление ключевых барьеров, оценку условий, при которых такие проекты становятся экономически жизнеспособными, а также формирование рекомендаций, способствующих коммерциализации шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане.

Актуальность работы обусловлена стремительным глобальным ростом офшорной ветроэнергетики, признанием ее в качестве приоритетного источника возобновляемой энергии, а также значительным техническим потенциалом Азербайджана в этой сфере. Несмотря на большой интерес со стороны ключевых игроков энергетической индустрии, практическая реализация проектов в Каспийском регионе остается на самой ранней стадии. Азербайджан поставил официальную цель — достичь доли 33% возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем балансе установленной мощности электроэнергетики к 2027 г. [Hasanova, 2024] и 35% — к 2030 г¹. Эта цель включает солнечную, ветровую и гидроэнергетику, при этом считается, что значительная часть будущего прироста после 2030 г., а также объемы для экспорта по экспортным коридорам из Азербайджана, должны обеспечиваться за счет шельфовой ветроэнергетики. В условиях энергетического перехода и диверсификации экономики Азербайджана выявление причин задержки реализации шельфовых проектов и оценка путей их преодоления представляют собой важную научную и прикладную задачу.

¹ Azerbaijan targets 6.5 gigawatts of renewable energy by 2030 in bold green push // <https://caliber.az/en/post/azerbaijan-targets-6-5-gigawatts-of-renewable-energy-by-2030-in-bold-green-push>, дата обращения 05.06.2025.

Методы и теоретическая база

Исследование опирается на смешанную методологию, однако ключевым методом исследования является *SWOT*-анализ*, который применяется для комплексной оценки внутренних и внешних факторов развития отрасли и представляет собой инструмент стратегического планирования. Методика позволяет выявить и классифицировать как внутренние характеристики, так и внешние обстоятельства, которые могут способствовать или препятствовать достижению поставленных целей.

SWOT-анализ является одной из теоретических основ оценки потенциала развития шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане. Другие две ключевые методологии — модель приведенной стоимости электроэнергии (*LCOE*) для анализа экономической конкурентоспособности и сценарный анализ энергетической политики для оценки различных регуляторных и инвестиционных условий. Такой комплексный подход позволяет всесторонне оценить как количественные, так и качественные факторы, влияющие на реализацию проектов в акватории Каспийского моря.

Преимущества и недостатки шельфовых установок

Более подробно рассмотрим технологию выработки энергии из ветра. Ветроэнергетика как способ генерации подразделяется на два типа: наземную и шельфовую (офшорную). Ветроэнергетические установки, возводимые в морской акватории на определенном удалении от берега, называются шельфовыми (*offshore wind*) и подразделяются на закрепленные на морском дне (*bottom-fixed*) и плавающие (*floating wind*). Плавающие ветроустановки пока не достигли стадии коммерческой зрелости и, по данным Международного энергетического агентства, все еще находятся на демонстрационной стадии [IEA, 2023], поэтому в рамках данного исследования не рассматриваются. Вместе с тем технология ветроустановок, закрепленных на морском дне, в последнее время приобретает все большую популярность по ряду причин.

Во-первых, основным преимуществом шельфовых ветропарков является более высокий коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), поскольку на море преобладают более значительные и стабильные скорости ветра благодаря отсутствию природных преград, таких как горы и холмы [Kintisch, 2017]. КИУМ солнечных станций составляет 24–26%, наземных

* Аббревиатура *SWOT* происходит от английских слов: Strengths (сильные стороны) — внутренние преимущества, Weaknesses (слабые стороны) — внутренние ограничения или проблемные аспекты, Opportunities (возможности) — внешние факторы, которые при благоприятном стечении обстоятельств могут быть использованы для продвижения проекта, и Threats (угрозы) — внешние риски и вызовы, способные замедлить реализацию проекта или сделать его экономически нецелесообразным.

ветровых установок — 33–35%, в то время как шельфовый ветер может достигать показателя в 41–44% с потенциалом до 58% к 2030 г. [IRENA, 2019]. На рисунке отображена среднегодовая загрузка ветрогенераторов в странах Европейского союза за период с 2018 по 2023 г. (рис. 1). Усредненный показатель загрузки наземных ветроустановок составляет чуть менее 25%, тогда как шельфовых — колеблется вблизи отметки 35%, что объясняется в значительной степени благоприятными ветровыми условиями в акватории Северного моря — крупнейшего кластера ветроэнергетики в данном регионе.

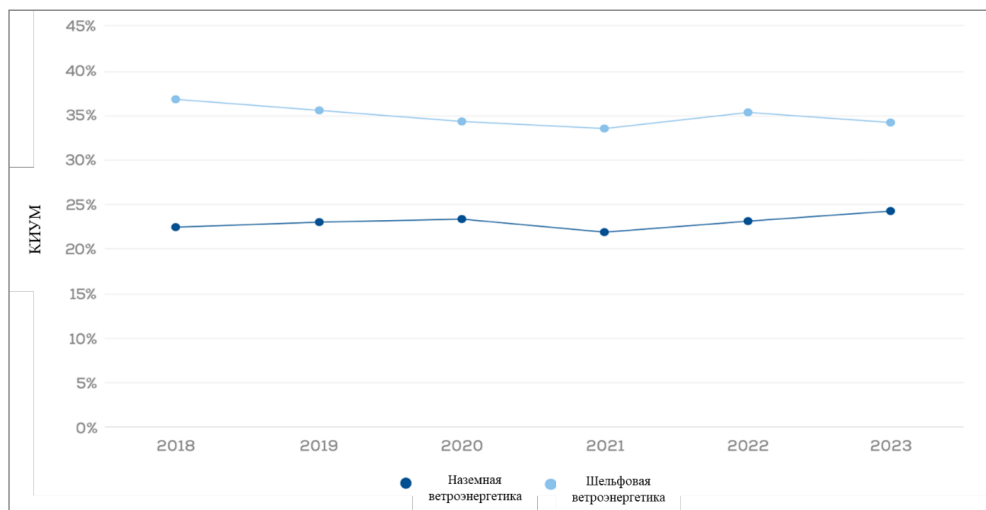


Рис. 1. КИУМ наземной и шельфовой ветровой генерации с 2018 по 2023 г.

Источник: WindEurope

Во-вторых, для шельфовых ветропарков не требуется выделения земель под поля и леса для прокладки дорог, кабелей и устройства фундаментов, что в случае с наземными проектами зачастую вызывает общественное недовольство и затрудняет реализацию из-за необходимости получения разрешений и согласования с населением.

В-третьих, единичная мощность морской турбины уже достигла 20 МВт, что в два раза превышает мощность обычных наземных ветрогенераторов [DNV, 2023]. В мировом отчете по ветровой энергии 2024 г., подготовленном экспертами Глобального совета по ветроэнергетике, отмечается, что данный тип выработки энергии является ключевой технологией энергетического перехода [GWEC, 2024].

Благодаря вышеуказанным и другим сопутствующим причинам, шельфовая энергетика приобретает все большую популярность среди международных нефтегазовых компаний (МНК), в том числе с целью достижения согласованной цели Европейского союза, утвержденной в марте 2023 г.: достичь

как минимум 42,5% доли ВИЭ в энергобалансе к 2030 г². Для этого потребуются увеличение установленной мощности ветрогенерации с 204 ГВт в 2022 г. до более чем 500 ГВт к 2030 г. Считается, что достижение этих целей возможно за счет использования шельфовой ветроэнергетики, потенциал которой в 2–5 раз выше, чем у наземной [Kintisch, 2017]. Так, например, Российская Федерация обладает техническим потенциалом более 1000 ГВт³, а Каспийское море только в азербайджанском секторе — потенциалом около 157 ГВт, что в 20 раз превышает установленную мощность всех электростанций страны.

Международный банк реконструкции и развития прогнозирует, что шельфовая ветроэнергетика может занять ведущие позиции в энергосистемах таких стран, как Индия, Филиппины, Шри-Ланка, Турция и Вьетнам [World Bank, 2019]. Лидером увеличения установленной мощности, по оценкам экспертов, станет Китай за счет реализации мультитигаваттных проектов [World Bank, 2019].

В период с 2017 по 2023 г. шельфовая ветроэнергетика стала ключевой технологией, которую международные нефтегазовые компании (МНК) активно интегрировали в свои портфели. Однако впоследствии, начиная с 2023 г., наблюдается выход из проектов в сфере возобновляемых источников энергии, включая офшорную ветроэнергетику. В связи с этим важно проанализировать причины и, соответственно, ограничения данной технологии.

Рост ветроэнергетики сопряжен с уникальным набором проблем: недостаточный и неопределенный спрос, ограниченный доступ к сырью, высокие темпы инфляции, рост цен на оборудование, усиление давления со стороны международных конкурентов, а также дефицит квалифицированной рабочей силы. Согласно анализу французского банка *BNP Paribas*, в связи с ростом капитальных затрат и удорожанием компонентов (турбин, генераторов и другие) шельфовая ветроэнергетика из стадии стремительного роста перешла в фазу стагнации [BNP Paribas, 2024]. Далее рассмотрим вышеуказанные причины более подробно.

Во-первых, именно шельфовая энергетика характеризуется высокой капиталоемкостью. По данным *IRENA*, среднемировая стоимость ввода наземных ветроустановок в 2022 г. составляла 1274 долл. на киловатт (кВт) мощности, тогда как для офшорных — 3461 долл. на кВт [IRENA, 2022]. Таким образом, уровень процентных ставок существенно влияет на инвестиционные решения в условиях роста затрат, и за последние два года интерес к шельфовым проектам со стороны инвесторов заметно снизился. В Великобритании, где

² Страны ЕС договорились повысить долю возобновляемой энергии до 42,5% к 2030 году // <https://euro-pulse.ru/news/strany-es-dogovorilis-povysit-dolyu-vozobnovlyajemoj-energii-do-425-k-2030-godu/>, дата обращения 23.05.2025.

³ Россия обладает огромным потенциалом развития офшорной ветроэнергетики // <https://www.in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/30623-rossija-obladaet-ogromnym-potencialom-razvitiya-offshornoj-vetroenerg.html>, дата обращения 28.05.2025.

рынок шельфовой ветроэнергетики коммерчески напрямую зависит от фиксированных субсидий, предоставляемых государством, лишь шесть победителей аукциона субсидий (*contract for difference* — *CfD*) в 2023 г. (*AR4*) приняли окончательное инвестиционное решение (*FID*). В то же время такие игроки, как *Vattenfall* [*Vattenfall*, 2023], *Norfolk Boreas* и другие, после увеличения капиталоемкости проектов на 40%, объявили их нерентабельными, даже с учетом государственной поддержки [*Blackburne, Edwardes-Evans*, 2023].

Таким образом, капиталоемкость напрямую сопряжена с высокой стоимостью оборудования, что является второй основной проблемой. На европейском и американском рынках доминирующим производителем офшорных ветровых турбин остается *Siemens Gamesa* (*Siemens Gamesa Renewable Energy*), в то время как *Vestas* и *GE Vernova* становятся серьезными конкурентами на следующем этапе развития европейской офшорной ветроэнергетики [*Kessler*, 2024]. Компания *Siemens Gamesa* сталкивается с трудностями в выполнении текущего объема заказов, при этом ее финансовую устойчивость дополнительно осложняют обязательства по ранее заключенным долгосрочным контрактам на поставку сырья, стоимость которых превышает текущие возможности окупаемости выпускаемой продукции. Анализ показал, что продукция *Siemens Gamesa* характеризуется существенным увеличением интенсивности отказов (*failure rates*) компонентов оборудования и ростом уровня их ненадежности, что, в свою очередь, приводит к дефициту соответствующего оборудования на рынке и сопровождается увеличением его стоимости⁴.

Третьей важной причиной является отсутствие необходимой инфраструктуры — а именно специализированных портов и морских судов для транспортировки и монтажа турбин в море. Нехватка проявляется либо в их недостаточном количестве, либо в полном отсутствии. Поскольку шельфовая ветроэнергетическая отрасль стремительно наращивает масштабы, переходя от турбин мощностью 11 МВт к установкам мощностью до 20 МВт, существующий флот монтажных и обслуживающих судов либо не соответствует техническим требованиям, либо представлен в недостаточном объеме. Как следствие, спрос остается высоким, что повышает цены на рынке и, опять же, увеличивает капитальные затраты по конкретным проектам.

Четвертой проблемой является недостаточная поддержка со стороны государства и несовершенство законодательной базы. Шельфовая ветроэнергетика сильно зависит от субсидий, поскольку достичь окупаемости по рыночным ценам в сегодняшних реалиях невозможно. Для сравнения можно использовать уровень приведенной стоимости энергии (*LCOE*). По данным международной инвестиционно-консалтинговой компании *Lazard*, *LCOE* шельфового ветропарка составляет 72–140 долл./МВт • ч, тогда как

⁴ Reports Reduced Losses Amid Offshore Wind Growth in Q4 FY2024 // <https://www.energymagz.com>, дата обращения 01.06.2025.

для наземного — 24–75 долл./МВт·ч [Lazard, 2023]. Поскольку наличие оптовых контрактов на покупку шельфовой ветроэнергии минимально, ее окупаемость обеспечивается за счет субсидий, предоставляемых государством. Если, как упоминалось выше, на британском аукционе AR4 еще присутствовали заинтересованные игроки, то минимальные показатели государственных субсидий на следующем коммерческом аукционе (AR5) по механизму CfD в Великобритании в 2023 г. не смогли привлечь компании энергосектора 5. На аукцион не была подана ни одна заявка, поскольку установленный государством потолок цен оказался настолько низким, что не покрывал даже базовых расходов на строительство шельфовых ветропарков. Это стало первым подобным прецедентом в истории шельфовой ветроэнергетики [BNP Paribas, 2024: 10]. Аналогичная ситуация наблюдалась и на других ведущих рынках офшорной ветроэнергетики. В Дании последний раунд аукциона на строительство 3 ГВт мощностей завершился без единой заявки⁶. Похожая ситуация сложилась и на американском рынке, но уже в сегменте прямых соглашений о покупке электроэнергии (Power Purchase Agreements, PPA). Как показано на рисунке, значительное количество заключенных прямых контрактов было аннулировано (рис. 2).

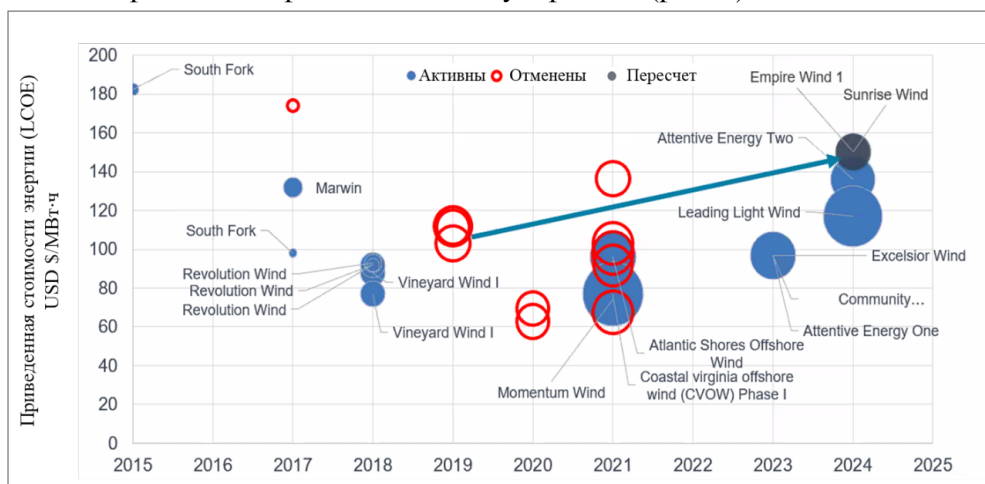


Рис. 2. Прямые контракты, заключенные в период с 2019 по 2021 г., не выдерживают новых коммерческих условий рынка.

Источник: Департамент энергетики США, 2021

⁵ Renewable energy auction results in no bids for offshore wind // <https://ore.catapult.org.uk/resource-hub/blog/renewable-energy-auction-results-in-no-bids-for-offshore-wind>, дата обращения 25.05.2025.

⁶ No offshore bids in Denmark — disappointing but sadly not surprising // <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/no-offshore-bids-in-denmark-disappointing-but-sadly-not-surprising/>, дата обращения 05.06.2025.

Основная причина таких быстрых изменений в столь долгосрочных проектах заключается в том, что инвесторы при заключении контрактов сделали ставку на быстрое снижение капитальных затрат (по аналогии с технологиями солнечных панелей и наземной ветроэнергетики). Однако ситуация оказалась противоположной первоначальным предположениям инвесторов. Поэтому они не имеют возможности окупить мультимиллиардные проекты шельфовых ветропарков по действующим контрактным ценам и вынуждены аннулировать старые контракты в пользу новых, более соответствующих рыночной реальности — если таковые имеются.

«Производителей турбин постоянно подталкивают к созданию новых, инновационных, а главное, более крупных турбин, — комментирует Эндрю Перкинс, партнер по корпоративным финансам в международной аудит-консалтинговой корпорации *Ernst & Young (EY)*. — Это означает не только низкую доходность для производителей, но и то, что они не могут передать эффект масштабирования (*economies of scale*) или дополнительную ценность другим участникам цепочки поставок» [EY, 2023]. Таким образом, компании-девелоперы считают, что получают выгоду благодаря более высокой мощности турбин, но на практике это лишь ведет к росту затрат на научно-исследовательскую деятельность (НИОКР), рабочую силу и морские суда-установщики. В результате происходит экономическое сжатие глобальной цепочки поставок турбин, и этот бизнес становится экономически невыгодным [EY, 2023]. Компания *Siemens Gamesa*, упомянутая ранее, признала, что зеленая энергетика убыточна, в 2023 г. зеленая генерация принесла концерну убытки в 4,3 млрд евро, а в 2024 г. — 2 млрд евро⁷.

Применимость в Каспийском море

Всемирный банк определил, что большая часть прибрежной зоны вокруг Апшеронского полуострова на западном побережье Каспийского моря пригодна для разработки шельфовых ветровых установок, что показано на рисунке 3. Обведенные участки — это блоки, определенные техническими экспертами для развития шельфовой энергетики. Цветовое обозначение показывает относительный уровень затрат на производство электроэнергии (*LCOE*) в зависимости от удаленности от берега.

⁷ Siemens Gamesa Reports Reduced Losses Amid Offshore Wind Growth in Q4 FY2024 // <https://energymagz.com/30382/siemens-gamesa-reports-reduced-losses-amid-offshore-wind-growth-in-q4-fy2024/?utm.com>, дата обращения 01.06.2025.

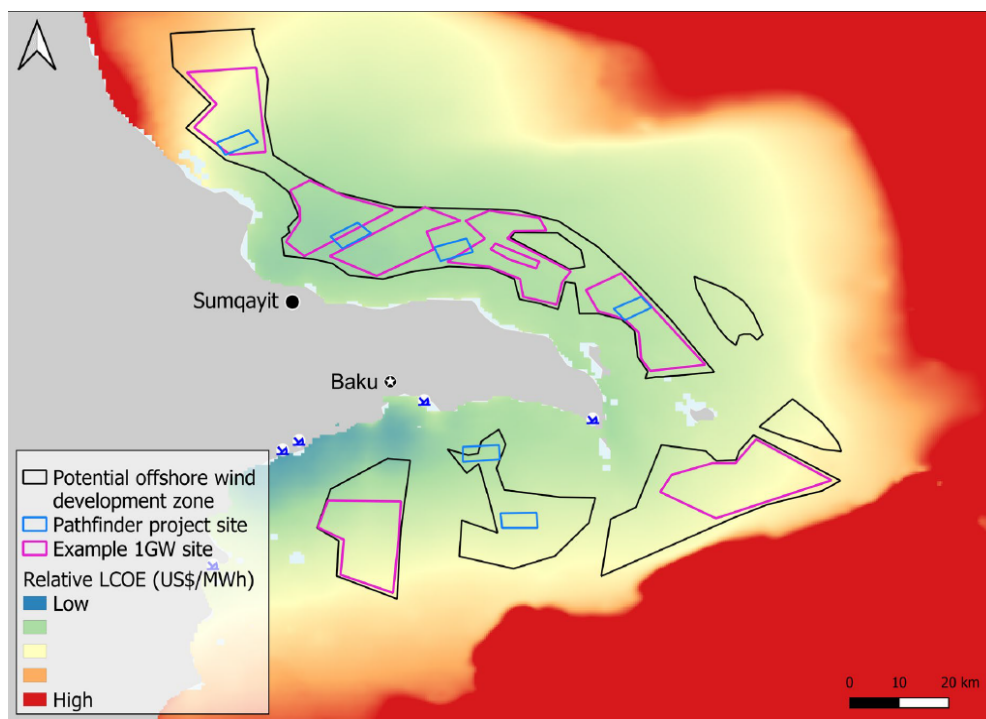


Рис. 3. Зоны развития шельфового ветра, Апшеронский п-ов.

Источник: Департамент энергетики США, 2021

Чем дальше шельфовая ветроэлектростанция расположена от берега, тем выше уровень затрат на производство электроэнергии ($LCOE$), поскольку увеличиваются расходы на строительство и обслуживание. Это связано с необходимостью прокладки длинных подводных кабелей, установки офшорных подстанций, более сложными условиями монтажа в глубоких водах, трудностями в эксплуатации и повышенными логистическими издержками [Martinez, Iglesias, 2022]. Кроме того, удаленность увеличивает риски проекта, что приводит к удорожанию финансирования и необходимости включения страховых и резервных затрат. В среднем глубина более 70 м уже считается предельной для технологии, закрепленной на дне, и требует перехода на плавающие ветроустановки.

Всемирный банк ранее оценил технический потенциал шельфовой ветроэнергетики Азербайджана в 35 ГВт в мелководных районах (для установок на фиксированных основаниях) и 122 ГВт в глубоких водах (для плавучих оснований), не учитывая экологические и социальные аспекты. Таким образом, выбранные участки, каждый из которых рассчитан на 1 ГВт генерации, расположены в зоне низкого уровня приведенной стоимости элек-

троэнергии, с минимальными значениями в районах к северу от Апшеронского полуострова [World Bank, 2022].

Среднегодовая скорость ветра является ключевым параметром при оценке эффективности офшорных ветроэнергетических установок. В мировой практике минимально необходимое значение для экономически целесообразной эксплуатации шельфовых ветропарков составляет порядка 7,5 м/с на высоте 100 метров над уровнем моря⁸. При таких показателях достигается достаточный коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), обеспечивающий рентабельность проекта в течение срока его службы. Согласно данным Международного энергетического агентства и *Глобального совета по ветроэнергетике*, при скорости ветра в диапазоне от 8 до 10 м/с уровень производительности морских турбин возрастает до 45–55% КИУМ [GWEC, 2023], что существенно превышает аналогичные показатели наземной ветроэнергетики.

Для Каспийского моря и, в частности, у прибрежной зоны Азербайджана среднегодовая скорость ветра находится в диапазоне от 7,5 до 9 м/с в наиболее перспективных районах, включая Апшеронский полуостров и прилегающие акватории [World Bank, 2022]. Эти значения соответствуют международным требованиям для установки морских ветровых турбин и свидетельствуют о наличии высокого технического потенциала региона. При этом расчетная мощность ветра в этих зонах обеспечивает КИУМ свыше 40%, что делает возможной реализацию коммерчески жизнеспособных проектов при условии соответствующей институциональной и инфраструктурной поддержки.

Таким образом, климатические и ветровые характеристики азербайджанского сектора Каспийского моря являются благоприятными для развития офшорной ветроэнергетики, особенно при использовании современных турбин с относительно высокой единичной мощностью и устойчивостью к сложным морским условиям.

Тем не менее развитие шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане сопряжено с рядом ключевых вызовов. К ним относятся четыре основные проблемы: ограниченный внутренний спрос на электроэнергию, затрудняющий масштабирование отрасли; сложная логистическая структура и отсутствие локализованной производственно-сбытовой цепочки; высокая стоимость электроэнергии при ограниченной ее доступности для конечного потребителя; а также технические и институциональные трудности, связанные с интеграцией генерируемой энергии в существующую энергосистему. Несмотря на разработку в 2022 г. «дорожной карты» офшорной ветроэнерге-

⁸ Offshore Wind Technical Potential Energy sector Management Assistance Program // https://www.esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps?utm.com, дата обращения 24.05.2025.

тики для Азербайджана, предусматривающей установку шельфовых ветропарков общей мощностью 7,2 ГВт к 2040 г. [Селимова, 2024], развитие данной отрасли в стране, вероятно, не достигнет таких масштабов (в ГВт), как на других развитых и развивающихся рынках. Кроме того, маловероятно, что в течение следующего десятилетия в Каспийском регионе сформируется сильный региональный рынок шельфовой ветроэнергетики. В связи с этим стране будет сложно достичь эффекта масштабирования (*economies of scale*), который зачастую способствует снижению затрат за счет интеграции проектов в единую оптовую платформу, как, например, в Европе. Ограниченный внутренний спрос на электроэнергию не позволит развить эту технологию исключительно для внутреннего потребления. По состоянию на 2023 г. установленная мощность электроэнергетической системы Азербайджана составляет около 7173 МВт, при этом пиковая нагрузка достигает приблизительно 3900 МВт [IEA, 2023b]. Существующая энергетическая система уже покрывает текущие потребности, а рост потребления происходит умеренными темпами и, как ожидается, не будет превышать прирост более чем на 1,5% в год⁹. В связи с этим для эффективного освоения значительного потенциала офшорной ветроэнергетики необходимо рассматривать возможности экспорта электроэнергии [Sakit, 2024] в регионы с дефицитом энергоресурсов.

Как упоминалось выше, шельфовая ветроэнергетика находится в значительной зависимости от наличия развитой производственно-сбытовой цепочки и либо требует локального присутствия производителей компонентов, либо дешевых поставщиков в соседних странах. Однако в Азербайджане доступ ограничен пропускной способностью системы каналов Волга – Дон, что влияет на размеры оборудования и судов, которые могут быть доставлены в Каспийское море. Несмотря на то что транспортировка крупных турбин (до 15 МВт) по этому маршруту считается возможной, логистические трудности остаются значительными, особенно с учетом ограниченного количества подходящих судов для проведения монтажных работ в Каспийском море. Развитие индустрии производства компонентов для шельфовой энергетики в самом Азербайджане или в других странах Каспийского региона не поддерживается существующим спросом. Например, китайские компании-производители *Goldwind*, *Mingyang*, *Envision*¹⁰ и другие зачастую рассматривают локальное производство при наличии портфеля проектов объемом от нескольких гигаватт, что на данный момент невозможно на

⁹ Electricity demand growth in Azerbaijan estimated to have eased to 1% // <https://report.az/en/energy/iea-electricity-demand-growth-in-azerbaijan-estimated-to-have-eased-to-1%>, дата обращения 28.05.2025.

¹⁰ China leads global wind turbine manufacturers' market share in 2023. Wood Mackenzie // <https://www.woodmac.com/press-releases/2024-press-releases/global-wind-oem-marketshare/?utm.com>, дата обращения 28.05.2025.

внутреннем рынке. Так, например, *Mingyang Smart Energy* планирует построить завод по производству лопастей в Инвернессе (Шотландия), который станет их первым предприятием за пределами Китая¹¹. Этот шаг направлен на поддержку крупных проектов в Северном море и соответствует требованиям локализации, предъявляемым к проектам в Великобритании, которая планирует достичь показателя 40 ГВт установленной мощности к 2035 г.¹²

Наиболее важным фактором является коммерческая составляющая проекта. Слабый внутренний спрос на электроэнергию в странах с формирующимся рынком ВИЭ, таких как Азербайджан, ограничивает перспективы окупаемости капиталоемких офшорных проектов. Стоимость электроэнергии от первых шельфовых ветропарков в Азербайджане будет выше, чем от существующих тепловых электростанций, а также новых наземных ветровых и солнечных установок. Снижение этой стоимости возможно за счет реализации долгосрочной энергетической стратегии, масштабирования и фокуса на сокращение издержек, однако достижение этого не гарантировано. Дополнительное снижение затрат может быть достигнуто за счет привлечения финансирования на льготных условиях и мер государственной поддержки, направленных на повышение уверенности инвесторов. Однако такие стратегии не всегда эффективны, поскольку не подкреплены устойчивым внутренним спросом и не гарантируют достижение коммерческой окупаемости.

Важно также отметить, что без гарантий со стороны операторов сети, подтверждающих техническую возможность интеграции объемов шельфовой энергетики, инвесторы и девелоперы не будут развивать проекты. Шельфовая ветроэнергетика является переменным источником энергии (как и другие — солнечная и наземная ветроэнергия), что может создавать трудности при интеграции в энергосистему при определенном уровне проникновения.

Энергетический переход потребует инвестиций в интеллектуальные энергосети, гибкие источники генерации, системы накопления энергии и межсетевые соединения с другими энергетическими рынками. Эти инвестиции также могут достигать миллиардов долларов, и до тех пор, пока такие технические условия не будут соблюдены, шельфовые ветропарки не смогут быть реализованы.

В Азербайджане с относительно небольшой энергосистемой (не более 8 ГВт) подключение значительных объемов переменной генерации, такой как шельфовая, с большой вероятностью приведет к серьезным перебоям

¹¹ China in line for £60m of public money to set up wind farm factories // <https://www.thetimes.com/uk/scotland/article/china-in-line-for-60m-of-public-money-to-set-up-wind-farm-factories-m59c2bp6c>, дата обращения 30.05.2025.

¹² The offshore wind market in Scotland // <https://www.offshorewindscotland.org.uk/the-offshore-wind-market-in-scotland/?utm.com>, дата обращения 30.05.2025.

в сети или аварийному отключению электроэнергии. В таком случае необходима прокладка специализированных линий или кабелей передачи постоянного тока высокого напряжения, позволяющих экспортировать электроэнергию.

Сценарный анализ развития сектора шельфовой энергетики в Азербайджане

По итогам проведенного анализа вышеупомянутых факторов развития офшорной ветроэнергетики в азербайджанском секторе Каспийского моря представлен *SWOT*-анализ (табл.), суммирующий как положительные, так и отрицательные стороны развития шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане.

Таблица

SWOT-анализ ветроэнергетики в Азербайджане

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ

- Высокий ветровой потенциал
- Поддержка от международных компаний
- Благоприятное географическое положение

СЛАБЫЕ СТОРОНЫ

- Отсутствие портовой инфраструктуры и транспортной логистики
- Отсутствие спроса на внутреннем рынке
- Нет рыночной истории или референс-проектов

ВОЗМОЖНОСТИ

- Международные инвестиции
- Рост спроса на ВИЭ
- Поддержка от МФО

УГРОЗЫ

- Рост стоимости оборудования
- Конкуренция в регионе
- Изменения в регуляторной политике

Источник: Таблица подготовлена автором

SWOT-анализ шельфовой ветроэнергетики в Каспийском море позволяет системно оценить как внутренние характеристики технологии шельфового ветра, так и внешние факторы, влияющие на ее развитие. Среди силь-

ных сторон выделяются высокий ветровой потенциал, наличие интереса со стороны международных энергетических компаний, а также благоприятное географическое положение Азербайджана, способствующее экспорту электроэнергии и интеграции с соседними рынками.

К слабым сторонам относятся отсутствие необходимого внутреннего спроса, специализированной портовой инфраструктуры, нехватка монтажных судов и логистических ресурсов, слабое состояние электросетей, а также отсутствие прецедентов или референсных проектов в стране, что затрудняет привлечение инвесторов.

Среди внешних возможностей можно отметить рост глобального интереса к возобновляемым источникам энергии, привлечение международного финансирования и технической помощи, а также стратегическую поддержку со стороны многосторонних финансовых организаций (МФО).

В то же время существует ряд угроз: нестабильность цен на оборудование и, соответственно, высокая стоимость проектов, усиление конкуренции за инвестиции среди других прикаспийских стран, а также потенциальные изменения в регуляторной политике, способные снизить инвестиционную привлекательность сектора.

На основании вышеизложенного, развитие шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане может пойти по одному из четырех основных сценариев. В рамках первого сценария, характеризующегося отсутствием государственной поддержки, показатель приведенной стоимости электроэнергии (*LCOE*) для шельфовых ветровых установок сохраняется на уровне, превышающем 100 долл. за МВт·ч, [IEA, 2019], что делает данные проекты экономически нецелесообразными в сравнении с наземными объектами возобновляемой энергетики, для которых соответствующий показатель составляет порядка 40 долл. за МВт·ч, [IRENA, 2022]. В подобных условиях реализация коммерчески жизнеспособных проектов становится невозможной без привлечения механизмов долгосрочных договоров купли-продажи электроэнергии и предоставления прямых или косвенных форм государственной поддержки.

Во втором сценарии, предполагающем использование механизма контрактов на разницу (*Contracts for Difference, CfD*), государство устанавливает фиксированную цену выкупа электроэнергии на уровне приблизительно 110 долл. за МВт·ч. Введение такой модели способствует реализации пилотных проектов совокупной установленной мощностью от 200 до 300 МВт. Потенциал масштабирования отрасли в данном случае обусловлен возможностью последовательного снижения капитальных затрат на 10–15% в каждом пятилетнем цикле. Вместе с тем успешная реализация данного подхода требует наличия подготовленной рыночной инфраструктуры и устойчивого спроса на электроэнергию, что на текущем этапе в Азербайджане не наблюдается.

Третий сценарий предполагает механизм государственно-частного партнерства, при котором государство берет на себя расходы по созданию базовой инфраструктуры — портов, кабельных трасс, логистических центров, — а частный сектор инвестирует в генерирующие мощности. Такой подход позволяет снизить инвестиционные риски и стимулировать интерес со стороны международных энергетических компаний. Однако он сопряжен с высокими инвестициями со стороны государства и требует готовности правительства к экономическому стимулированию данной отрасли.

Наиболее перспективный четвертый сценарий связан с возможностями экспорта углеродно нейтральной электроэнергии в Европу, где существует устойчивый спрос, поддерживаемый платежеспособностью рынка. Одним из ключевых проектов в этом направлении является строительство подводного кабеля через Черное море, который соединит Азербайджан с Румынией и Венгрией. Этот проект, известный как «Зеленый энергетический коридор», предусматривает передачу до 6 ГВт чистой энергии из Кавказского региона в Европу. Первая фаза проекта включает прокладку кабеля мощностью 1,3 ГВт, с планируемым завершением к 2030 г. Проект рассматривается как важный элемент стратегии Азербайджана по превращению в экспортера возобновляемой энергии, а не только газа, и укреплению энергетической безопасности Европейского союза [Zeeberg, 2025]. Кроме того, Азербайджан разрабатывает два дополнительных экспортных маршрута: через Грузию и Турцию — в Болгарию, а также через Нахичевань — в Турцию и далее в Европу. Во всех этих инициативах Азербайджан выступает в роли энергетического хаба и проводит совместно с консультантами исследования по коммерческой и технической составляющей этих зеленых коридоров [Hasanova, 2024]¹³. Как только эти исследования будут завершены, можно будет более точно оценить коммерческий и технико-экономический потенциал их реализации, а также определить необходимость интеграции шельфовой ветроэнергетики в эти проекты.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что развитие шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане обладает значительным потенциалом и может внести весомый вклад в трансформацию национального энергетического баланса. Вместе с тем реализация данного потенциала сопряжена с рядом институциональных, экономических и инфраструктурных вызовов, требующих системного подхода со стороны государства и вовлечения международных партнеров. Проведенный *SWOT*-анализ позволил комплекс-

¹³ Azerbaijan aims for 33% renewable energy share by 2027 // <https://caliber.az/en/post/azerbaijan-aims-for-33-renewable-energy-share-by-2027?utm.com>, дата обращения 17.05.2025.

но охарактеризовать как внутренние преимущества и ограничения технологии шельфовой ветроэнергетики, так и внешние факторы, определяющие условия ее развития в Каспийском регионе. К числу ключевых преимуществ относятся высокий ветровой потенциал шельфовой зоны, техническая возможность установки турбин большой единичной мощности (до 20 МВт), а также благоприятные характеристики по коэффициенту использования установленной мощности (до 58% в перспективе). Кроме того, отсутствие конкуренции за земельные ресурсы и возможность экспорта электроэнергии через трансграничную инфраструктуру делают технологию стратегически привлекательной в контексте обеспечения энергетической безопасности и достижения климатических целей.

Однако в условиях ограниченного внутреннего спроса на электроэнергию, высокой капиталоемкости проектов, а также отсутствия развитой портовой, логистической и сетевой инфраструктуры, шельфовая ветроэнергетика в Азербайджане на текущем этапе не может быть реализована исключительно рыночными механизмами. Существенными барьерами также выступают неопределенность нормативно-правовой базы, отсутствие прецедентов в реализации аналогичных проектов в регионе и недостаточная институциональная готовность к внедрению механизмов долгосрочной поддержки, таких как контракты на разницу (*CfD*) или налоговые стимулы.

Сценарный анализ показал, что при сохранении текущих условий уровень расчетной стоимости электроэнергии (*LCOE*) для офшорных установок превышает 100 долл. за МВт·ч, что делает такие проекты неконкурентоспособными по сравнению с наземными ВИЭ. При этом наибольший потенциал для реализации шельфовой ветроэнергетики связан с развитием экспортной инфраструктуры и интеграцией в региональные и европейские энергетические рынки. Наиболее перспективным направлением представляется участие Азербайджана в проекте «Зеленый энергетический коридор», предусматривающем экспорт углеродно нейтральной электроэнергии через подводный кабель в страны Европейского Союза.

Таким образом, несмотря на значительный технический потенциал шельфовой ветроэнергетики, в Азербайджане необходимо принять комплексные меры для его реализации. Приоритетными задачами являются институциональные реформы, модернизация нормативно-правовой базы, создание целевых финансовых механизмов поддержки, развитие соответствующей инфраструктуры, а также стратегическое позиционирование страны как экспортного хаба в области возобновляемой энергетики. Наиболее перспективным направлением представляется экспорт шельфовой электроэнергии в Европу, где существует высокий спрос и платежеспособный рынок. Только при наличии скоординированных усилий государства, частного сектора и международных партнеров возможно формирование устойчивого и инвестиционно-привлекательного сектора шельфовой ветроэнергетики в Азербайджане.

Список литературы (References)

Blackburne A., Edwardes-Evans H., 2023. UK to reveal renewables auction results with inflation as backdrop // <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/electric-power/090523-uk-to-reveal-renewables-auction-results-with-inflation-as-backdrop>, дата обращения 26.05.2025.

Hasanova T., 2024. Azerbaijan aims for 33% renewable energy share by 2027 // <https://caliber.az/en/post/azerbaijan-aims-for-33-renewable-energy-share-by-2027?utm.com>, дата обращения 17.05.2025.

Kessler R., 2024. Siemens Gamesa leads US offshore wind pack as turbine giants shun 'arms race' stateside // <https://www.rechargenews.com/wind/siemens-gamesa-leads-us-offshore-wind-pack-as-turbine-giants-shun-arms-race-stateside/2-1-1675068?utm.com>, дата обращения 24.05.2025.

Kintisch E., 2017. Offshore wind farms have powerful advantage over land-based turbines, study finds // <https://www.science.org/content/article/offshore-wind-farms-have-powerful-advantage-over-land-based-turbines-study-finds>, дата обращения 17.05.2025.

Sakit D., 2024. Who is the Black Sea Submarine Cable Project Targeting? // <https://caspien-alpine.org/a-power-line-across-two-seas-who-is-the-black-sea-submarine-cable-project-targeting/?utm.com>, дата обращения 29.05.2025.

Zeeberg A., 2025. Why the World Is Suddenly Watching Azerbaijan's Energy Plans. Black Sea submarine cable would supply clean electricity to the EU // spectrum.ieee.org/black-sea-energy-link?utm.com, дата обращения 28.05.2025.

Селимова Ф., 2025. Азербайджан ускоряет энергетический переход // <https://caspien.institute/product/selimova-femida/azerbajdzhan-uskoryaet-ehnergeticheskij-perekhod-38958.shtml>, дата обращения 29.05.2025.

Selimova F., 2025. Azerbaijan accelerates energy transition // <https://caspien.institute/product/selimova-femida/azerbajdzhan-uskoryaet-ehnergeticheskij-perekhod-38958.shtml>, accessed 29.05.2025 (In Russ.)

Всемирный банк, 2022. Azerbaijan Offshore Wind Roadmap. Washington, D.C. // <https://documents.worldbank.org/>, дата обращения 17.05.2025.

The World Bank, 2022. Azerbaijan Offshore Wind Roadmap. Washington, D.C. // <https://documents.worldbank.org/>, accessed 17.05.2025 (in Russ.)

BNP Paribas, 2024. Offshore Wind Review. Paris. // <https://integrated-report.bnpparibas/2024/article/72/>, дата обращения 05.06.2025.

Caspian Alpine Society, 2024. Caspian Sea Offshore Wind Potential. <https://caspienalpinesociety.org>, дата обращения 29.05.2025.

DNV, 2023. Energy Transition Outlook 2023. Oslo: DNV. <https://www.dnv.com/publications/energy-transition-outlook-2023-248798>, дата обращения 17.05.2025.

Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), 2025. Offshore Wind Technical Potential // https://www.esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps, дата обращения 24.05.2025.

EY, 2023. Renewable Energy Country Attractiveness Index (RECAI) // <https://ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-gl/insights/energy-resources/documents/ey-recai-62-v9-final.pdf>, дата обращения 24.05.2025.

IEA, 2019. Offshore Wind Outlook 2019. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>, дата обращения 17.05.2025.

IEA, 2023. Azerbaijan Energy Profile 2023. https://iea.blob.core.windows.net/assets/0528affc-d2ba-49c9-ac25-17fc4e8724f7/AzerbaijanEnergyProfile_2023.pdf, дата обращения 24.05.2025.

IEA, 2023b. Offshore Wind Outlook 2023. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2023>, дата обращения 17.05.2025.

International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019. Future of Wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. Abu Dhabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>, дата обращения 17.05.2025.

International Renewable Energy Agency (IRENA), 2022. Renewable Power Generation Costs in 2021. Abu Dhabi: IRENA. <https://www.irena.org/publications/2022/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2021>, дата обращения 17.05.2025.

Lazard, 2023. Levelized Cost of Energy Analysis – Version 16.0. // <https://www.lazard.com/media/nltb551p/lazards-lcoeplus-april-2023.pdf>, дата

No offshore bids in Denmark – disappointing but sadly not surprising. Brussels: WindEurope // <https://windeurope.org>, дата обращения 05.06.2025.

U.S. Department of Energy, 2021. Offshore Wind Market Report: 2021 Edition, Executive Summary. // <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-09/offshore-wind-market-report-2021-executive-summary.pdf>, дата обращения 24.05.2025.

Vattenfall, 2023. Investor Update on Offshore Wind Portfolio. Stockholm // <https://group.vattenfall.com>, дата обращения 17.05.2025.

WindEurope, 2023. Offshore Wind in Europe: Key Trends and Statistics 2022. Brussels: WindEurope. <https://windeurope.org>, дата обращения 17.05.2025.

World Bank, 2019. Expanding Offshore Wind to Emerging Markets. Washington, D.C. // <https://documents1.worldbank.org/curated/en/716891572457609829/pdf/Going-Global-Expanding-Offshore-Wind-To-Emerging-Markets.pdf>, дата обращения 28.05.2025.

Polina V. LIUBOMIROVA, Applicant, International Institute of Energy Policy and Diplomacy (MIEP), Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (MGIMO), Director of Business Development, company: ACWA Power

Address: 76, Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russian Federation;
90A, Nizami st., AZ1000, Republic of Azerbaijan

E-mail: polina@lyubomirova.ru

ORCID: 0009-0001-7887-9399

ASSESSMENT OF THE OFFSHORE WIND ENERGY DEVELOPMENT POTENTIAL IN THE CASPIAN SEA: THE CASE OF AZERBAIJAN

DOI: 10.48137/26870703_2025_31_3_64

Received: 19.06.2025.

For citation: *Liubomirova P. V.*, 2025. Assessment of The Offshore Wind Energy Development Potential in The Caspian Sea: The Case of Azerbaijan. – *Geoeconomics of Energetics*. № 3 (31). P. 64–84. DOI: 10.48137/26870703_2025_31_3_64

Keywords: offshore wind energy, Caspian Sea, energy transition, Azerbaijan, renewables, LCOE, electricity export, decarbonization, diversification, sustainable development.

Abstract

Offshore wind energy represents one of the priority vectors for the development of renewable energy, playing a crucial role in the global energy transition and the achievement of sustainable development goals. In the context of the need for economic decarbonization and diversification of the energy balance, countries with sea access gain a strategic advantage through the ability to harness their offshore wind potential. Azerbaijan, with an estimated technical potential of up to 157 GW in the Caspian Sea basin, stands out as a promising location for the development of offshore wind energy. Despite favorable natural and geographical conditions, no offshore projects had been implemented in the country at the time of this study. This article presents a comprehensive analysis of the key barriers hindering the development of the sector, including technological, economic, and institutional challenges. The research methodology is based on the application of SWOT analysis and a scenario-based approach, which makes it possible to identify the conditions necessary for the formation of an effective offshore wind sector in Azerbaijan's coastal zone. The authors pay special attention to the issues of government support, the development of specialized infrastructure, and the stimulation of private sector investment. Given the growing global interest in renewable energy sources, an integrated approach to the planning and implementation of offshore projects becomes particularly relevant. The article proposes several

development scenarios for offshore wind energy, among which the most promising is the export of electricity via transregional energy corridors to Europe. The author emphasizes the need for a systemic and cross-sectoral approach to offshore wind energy development as a tool for sustainable growth, energy security, and decarbonization. Only with a comprehensive strategy can the full potential of offshore wind be realized and Azerbaijan be integrated into international energy value chains.