

М.Т. Кожиков* , **Б.А. Ирасылова** 

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Казахстан, г. Нур-Султан,
*e-mail: Marat087@mail.ru

ПЕРЕХОД ОТ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ К ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ (ВИЭ): ОЦЕНКА ВКЛАДА ВИЭ В СОКРАЩЕНИЕ ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ПРИМЕРЕ ЕРЕЙМЕНТАУСКОЙ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ВЭС)

Казахстан имеет высокий потенциал для создания зеленой энергетики международного класса, но на данный момент альтернативные ресурсы энергии используются в малом объеме из-за различных технических, административных, социальных и экономических препятствий. В данной работе проводится анализ доли вырабатываемой электроэнергии ВИЭ в общем объеме производства электрической энергии в Казахстане, оценено количество произведенной электрической энергии объектами ВИЭ. Также в настоящей работе проведена оценка сокращений выбросов парниковых газов на примере крупнейшей в Казахстане ветроэнергетической станции мощностью 45 МВт в г. Ерейментау.

Методом сравнения оценена доля возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе страны. Сопоставлены ежегодные данные по выработке электрической энергии объектами ВИЭ за 2016–2021 годы согласно статистическим данным Республики Казахстан (РК). Предложен методологический подход для расчета сокращений эмиссий парниковых газов на основе базового сценария, который может быть использован в качестве методики по расчету сокращений выбросов парниковых газов на объектах ВИЭ.

Оценка сокращений эмиссий парниковых газов в результате реализации проектов ВИЭ имеет важное значение как для расчета национального углеродного баланса страны в целом, так и для точного подсчета единиц сокращений, планируемых к выдаче в результате реализации данных проектов. Ветровая электростанция г. Ерейментау поможет существенно сократить выбросы парниковых газов в Казахстане и является верным направлением РК в достижении поставленных целей, таких как увеличение доли ВИЭ и сокращение выбросов диоксида углерода.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), сокращение эмиссий, ветровая электроэнергия, парниковые газы, коэффициент выбросов.

M.T. Kozhikov*, B.A. Irasylova

The L. N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan
*e-mail: Marat087@mail.ru

Transition from traditional energy to renewable energy: assessment of the contribution of renewable energy in greenhouse gas emissions reduction on the example of the Yereymentau wind farm

Kazakhstan has a high potential for creating international-class green energy, but at the moment alternative energy resources are used in a small amount due to various technical, administrative, social and economic obstacles. This work is devoted to the analysis of the share of renewable energy generated in the total volume of electricity production in Kazakhstan, the amount of electricity produced by renewable energy facilities is estimated. Also in this paper, an assessment of greenhouse gas emissions reductions was carried out on the example of the largest wind power plant in Kazakhstan with a capacity of 45 MW in the city of Yereymentau.

The share of renewable energy sources in the country's energy balance was estimated by comparison. The annual data on the generation of electric energy by renewable energy facilities for 2016–2021 are compared according to the statistical data of the Republic of Kazakhstan. A methodological approach to the calculation of greenhouse gas emissions reductions based on a baseline scenario is proposed, which can be used as a methodology for calculating greenhouse gas emissions reductions at renewable energy facilities.

Assessment of reductions in greenhouse gas emissions as a result of the implementation of renewable energy projects is important both for calculating the national carbon balance of the country as a

whole and for accurately calculating the units of reductions planned to be issued as a result of the implementation of these projects. The Yerementau wind power plant will help the Republic of Kazakhstan in achieving the goals set ahead – increasing the share of renewable energy sources and reducing carbon dioxide emissions.

Key words: renewable energy sources (RES), emission reduction, wind power, greenhouse gases, emission factor.

М.Т. Кожиков*, Б.А. Ирасылова

А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

*e-mail: Marat087@mail.ru

**Дәстүрлі энергетикадан жаңартылатын энергия көздеріне (ЖЭК) көшу:
Ерейментау жел электростанциясы (ЖЭС) мысалында
парниктік газдар шығарындыларын азайтудағы ЖЭК-тің үлесін бағалау**

Қазақстан халықаралық дәрежедегі жасыл энергетиканы құру үшін жоғары әлеуетке ие, бірақ қазіргі уақытта баламалы энергия көздері әртүрлі техникалық, әкімшілік, әлеуметтік және экономикалық себептерге байланысты аз көлемде пайдаланылады. Бұл мақала Қазақстанда жалпы өндірілетін электр энергиясынан ЖЭК-тен алынатын электр энергиясының үлесін талдауға арналған, ЖЭК объектілері өндірген электр энергиясының мөлшері бағаланған. Сондай-ақ, осы жұмыста Ерейментау қаласындағы қуаты 45 МВт Қазақстандағы ең ірі жел энергетикалық станциясының мысалында парниктік газдар шығарындыларын азайтуды бағалау жүргізілді.

Салыстыру әдісі арқылы елдің энергетикалық балансындағы жаңартылатын энергия көздерінің үлесі бағаланды. ҚР статистикалық деректеріне сәйкес, 2016–2021 жылдары ЖЭК объектілері арқылы электр энергиясын өндіру бойынша жыл сайынғы деректер салыстырылды. ЖЭК объектілерінде парниктік газдар шығарындыларын азайтуды есептеу әдістемесі ретінде пайдаланылуы мүмкін базалық сценарий негізінде парниктік газдар шығарындыларын қысқартуды есептеуге арналған әдіснамалық тәсіл ұсынылды.

ЖЭК жобаларын іске асыру нәтижесінде парниктік газдар шығарындыларының қысқаруын бағалау тұтастай алғанда елдің ұлттық көміртегі балансын есептеу үшін де, осы жобаларды іске асыру нәтижесінде берілетін көміртегі бірліктерін дәл есептеу үшін де маңызды. Ерейментау қаласындағы жел электр станциясы ҚР-дың алға қойылған мақсаттарына қол жеткізуіне – ЖЭК үлесін арттыруға және көміртегі диоксиді шығарындыларын азайтуға көмектеседі.

Түйін сөздер: жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК), шығарындылардың қысқаруы, жел электр энергиясы, парниктік газдар, шығарындылар коэффициенті.

Введение

Республика Казахстан является крупнейшим эмиттером парниковых газов в Центральной Азии с объемом выбросов 246 Мегатонн CO₂ за 2018 год [1]. Энергетическая отрасль с ее установленной мощностью примерно в 18 ГВт (тепловые электростанции – 87,5%, гидроэлектростанции – 12,4%) является одним из основных источников выбросов CO₂ в стране [2]. Энергетика Казахстана ориентирована в основном на использование углеводородного топлива. По оценкам экспертов ПРООН, вклад энергетики в общие выбросы парниковых газов в РК составляет не менее 78,5%, что делает эту отрасль наиболее углеродоемкой [3]. Выбросы углекислого газа, образующиеся в результате потребления топлива, являются одними из важных в вопросах изменения климата.

В этой связи, развитие возобновляемых источников энергии – одна из актуальных задач электроэнергетики. На правительственном

уровне приняты стратегические и программные документы в поддержку развития ВИЭ для увеличения доли альтернативных источников энергии в Казахстане. В 2013 г. Казахстан принял «Концепцию по переходу РК к «зеленой экономике»». Впереди глобальная цель – повысить долю альтернативных источников, в частности солнечную и ветровую энергию, в выработке электроэнергии до 30% к 2030 году и 50% к 2050 году [4]. Помимо множества программных документов, направленных на прямую поддержку ВИЭ, в Республике Казахстан с 2013 года действует система торговли выбросами парниковых газов [5]. В рамках данной системы предприятия, выбрасывающие свыше 20 000 тонн углекислого газа в год [5], получают квоты (лимиты) [6] на выбросы. Система призвана стимулировать предприятия на снижение выбросов парниковых газов путем придания квоте статуса товара и возможности торговать квотами на бирже [7]. Помимо бесплатного распределения квот, СТВ РК предусматривает возможность генерации

единиц сокращения выбросов парниковых газов (это единицы, полученные в результате реализации проектов [8]), направленных на сокращение эмиссий парниковых газов. У инициаторов проектов ВИЭ есть возможность продавать на углеродном рынке полученные офсетные единицы.

Акцент настоящего исследования сосредоточен на электроэнергии, вырабатываемой ветровой энергией, и потенциале данной энергии в снижении выбросов CO_2 .

Материалы и методы

Методика включает анализ доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе страны, в частности, выработку электроэнергии от ветряных электростанций и построение базового сценария проекта ветроэнергетической станции на примере станции в г. Ерейментау, Акмолинская область, с помощью чего можно оценить результат сокращений выбросов парниковых газов. Сокращение выбросов будет достигнуто за счет технологии проекта с использованием источника возобновляемой энергии ветра для выработки электроэнергии. Для расчета сокращений выбросов парниковых газов использована методология CDM АСМ0002 «Выработка электроэнергии из возобновляемых источников, соединенная с электросетью», одобренная РКИК ООН [9]. Результаты анализа и расчетов приведены ниже.

Анализ развития ветровой энергетики в РК

Казахстан обладает самым высоким потенциалом ветровой энергетики в Центральной Азии – 354 000 мВт [10], территория страны площадью более 50 000 км² имеет мощный ветровой ресурс (7-8 м/с) [11]. За 20 лет эксплуатации ветроэнергетической турбины (средняя мощность 1 МВт) экономится примерно 29 000 тонн угля, или 92 000 баррелей нефти, что позволяет избежать выбросов 1800 тонн диоксида углерода, 9 тонн диоксида серы и 4 тонн оксида азота [12]. Джунгарские ворота, Чу-Илийские горы, Мангистауская область являются наиболее перспективными для развития ветроэнергетики с помощью ветряных турбин. Джунгарские ворота имеют среднюю скорость ветра от 7 до 9 метров в секунду, производство электроэнергии ожидается около 1,3 трлн кВт*час в год [13], однако используется лишь незначительная часть потенциала ветроэнергетики. Основные причины – высокие цены на ветровые турбины и низкие тарифы на электроэнергию. Например, средняя

стоимость одного ветрогенератора варьируется от 2000 до 2500 долл./кВт*час [13].

Казахстан является страной, присоединившейся к Киотскому протоколу и Парижскому соглашению, – это один из ведущих факторов для развития ВИЭ. В свете заявленной стратегии по переходу к зеленой экономике и увеличению доли в генерации электрической энергии через возобновляемые источники энергии в РК активно идет развитие сектора возобновляемых источников энергии. Данное развитие сектора может быть эффективно использовано в качестве инструмента по сокращению выбросов парниковых газов и помочь в достижении Казахстаном взятых обязательств по сокращению выбросов парниковых газов (минус 15% от уровня эмиссий ПГ 1990 года к 2030 году).

В Республики Казахстан возможна реализация проектов сокращения выбросов парниковых газов. В Экологическом кодексе предусмотрено осуществление углеродного офсета в любых секторах экономики с целью сокращения выбросов парниковых газов и (или) увеличения поглощений парниковых газов [5]. Данные меры направлены на стимулирование снижения выбросов парниковых газов.

Законодательством утверждены правила разработки проектов сокращения [8], но, к сожалению, отсутствуют единые утвержденные методики и подходы по расчету сокращений выбросов парниковых газов, сгенерированных в результате реализации проекта.

Одним из первых проектов сокращения в сфере ВИЭ является проект сокращения ТОО «Первая ветровая электрическая станция», зарегистрированный на государственном уровне. ТОО «Первая ветровая электрическая станция» основано 27 июня 2011 года [14] в соответствии с Законом «Об электроэнергетике» № 588 от 9 июля 2004 года. Место расположения проекта – Акмолинская область, к юго-востоку от города Ерейментау, примерно в 2 км от центра города и 150 км на восток от Астаны [15]. Основной вид деятельности – производство электрической энергии ветровыми электростанциями [16].

Проект является первой в Республике Казахстан ветровой электростанцией в промышленном масштабе. ВЭУ вырабатывает электроэнергию при скорости ветра от 3 до 25 м/с, номинальная мощность ВЭУ достигается при скорости ветра от 12 м/с. Согласно ТЭО мощность станции ВЭС Ерейментау – 45 МВт, выработка – 172 млн кВт*ч в год [17]. Годовой эквивалент – 100 тысяч тонн угля. На площадке ветропарка распо-

ложены 22 ветроэнергетические установки WTU 2.0 производства Furhlaender WindTechnology [17], единичной мощностью 2,05 МВт.

Ветроэнергетическая установка преобразовывает кинетическую ветровую энергию в электроэнергию напряжением 690 В [17] путем вращения вала, соединенного с генератором частотой 50 Гц. Производимая электроэнергия повышается до напряжения 35 кВ с помощью силового трансформатора, расположенного на

каждой ветряной турбине. Вся вырабатываемая электрическая энергия подается через кабельные линии на подстанцию 220/35 кВ путем прямой транспортировки в национальные сети АО «КЕГOC» по воздушной линии 220 кВ.

Результаты и обсуждение

Вклад возобновляемых источников энергии в общей генерации электрической энергии в РК

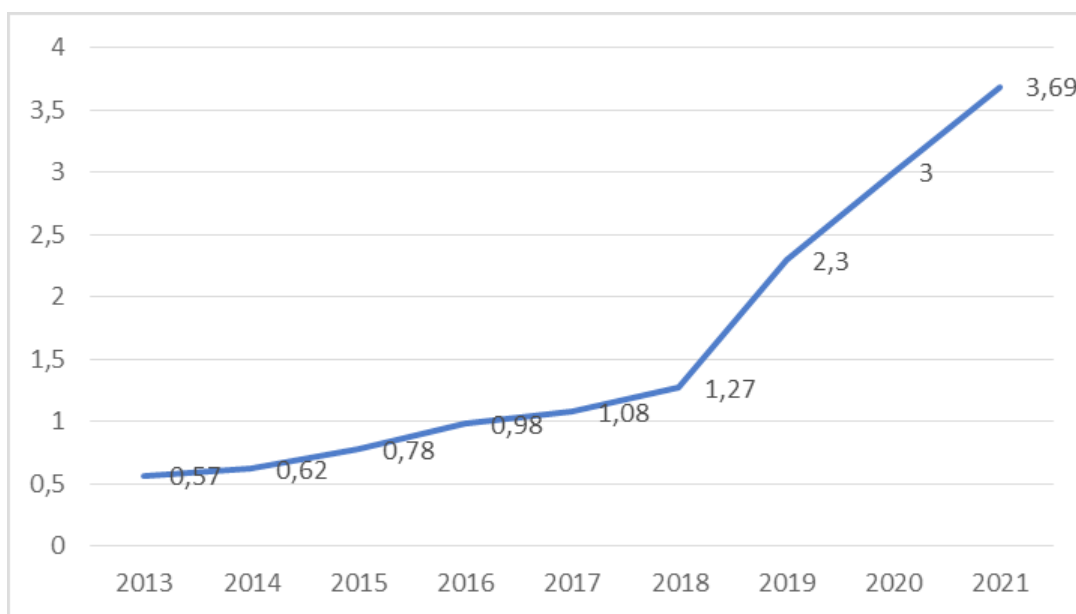


Рисунок 1 – Доля вырабатываемой электроэнергии ВИЭ в общем объеме производства электрической энергии, %

Согласно национальным данным 2013 года, доля ВИЭ в Казахстане составила 0,57% от общего объема произведенной электроэнергии. Данный показатель стремительно растет, так в 2021 году он увеличился до 3,69% [18]. Увеличение выработки электрической энергии объектами ВИЭ за 2021 год по сравнению с 2020 годом составляет 23%.

На рисунке 2 представлена выработка электроэнергии объектами возобновляемых источников энергии: ветровые электростанции – ВЭС, малые гидроэлектростанции – ГЭС, солнечные электростанции – СЭС и биоэлектростанции. В 2016 году в Республике Казахстан было произведено 262,04 млн. кВт*час энергии от ветряных электростанций, а уже в 2021 году этот показатель вырос в 6,5 раз и достиг 1776,41 млн. кВт*час. Необходимо отметить, что гидроэлектростанции в Казахстане наиболее развиты в

сравнении с другими видами альтернативных источников энергии. В 2016 году сумма выработанной электроэнергии ГЭС составила 577,2 млн. кВт*час, в 2019 году показатель вырос почти в 2 раза и достиг 1105,3 млн. кВт*час, но в последние годы наблюдается снижение производительности ГЭС. Напротив, солнечные электростанции (СЭС) развиваются в стремительном темпе. Электроэнергия, произведенная СЭС в Республики Казахстан в 2021 достигла 1641,09 млн. кВт*час. Биоэлектростанции в Казахстане развиваются в медленном темпе, наблюдается значительный рост выработки электроэнергии в 2019 году – 14,9 млн. кВт*час.

Оценка результатов сокращения выбросов парниковых газов проекта

Согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 [19] расчет выбросов парниковых

газов осуществляется путем умножения потребленного топлива на соответствующий коэффициент выбросов.

$$\text{Выбросы} = \text{Потребленное топливо} \times \text{Коэффициент выбросов} \quad (1)$$

где:

Выбросы – выбросы парниковых газов, в тоннах эквивалента CO₂;

Потребленное топливо – ископаемое топливо, сожженное в процессе выработки электрической энергии, в тоннах;

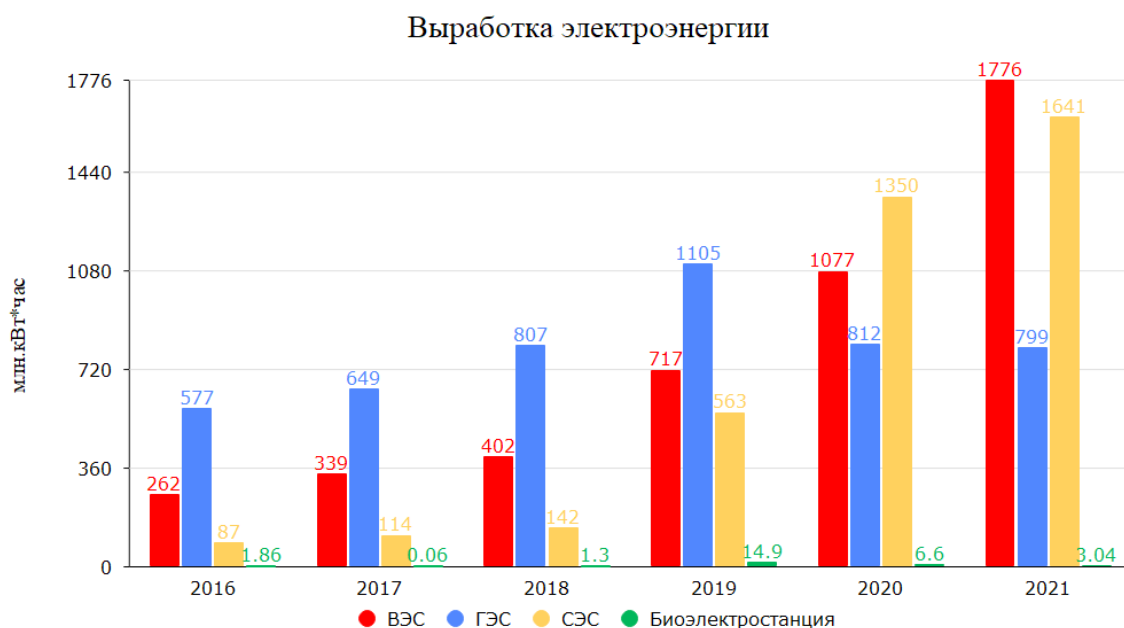


Рисунок 2 – Выработка электроэнергии ВИЭ, млн кВт*час

Коэффициент выбросов – коэффициент, представляющий количество выбросов парниковых газов, которые высвобождаются в результате этой деятельности по типу ископаемого топлива, тонн CO₂/ГДж.

Методика оценки сокращений выбросов ПП по представленному проекту

В целях определения сокращений выбросов парниковых газов в проектах, связанных с использованием ВИЭ, методологией CDM АСМ0002 «Выработка электроэнергии из возобновляемых источников, соединенная с электросетью» [9], используется понятие Базового сценария. Базовый сценарий служит основой для сравнения. Это теоретический сценарий, который отражает то, что произойдет в отсутствие осуществления проекта. При помощи него оценивается достигнутый объем сокращения выбросов или поглощения парниковых газов [20]. Сценарий базовой линии основывается на предположении, что, если проект не будет реализо-

ван, то не произойдет замещения энергии, вырабатываемой в результате использования угля, и электрическая энергия, поступающая в сеть, так и будет вырабатываться в результате сжигания угля. Согласно базовому сценарию, выбросы рассчитываются следующим образом:

$$V_{\text{cy}} = \mathcal{E}_{\phi} \times \mathcal{E}_{\text{отч}} \quad (2)$$

где:

V_{cy} – сокращенные выбросы парниковых газов;
 \mathcal{E}_{ϕ} – объем установленного коэффициента выбросов двуокиси углерода для производства электроэнергии электростанциями – 0,844 тонн CO₂/МВт*ч. Данный коэффициент рассчитан по заказу Европейского банка реконструкции и развития на основе исследования базового уровня выбросов в Казахстане от 2012 года и представлен в отчете «Динамика развития коэффициентов выбросов углерода при производстве электрической энергии в Республике Казахстан» [21];

$\mathcal{E}_{\text{отч.}}$ – количество произведенной электроэнергии за отчетный период, подтвержденное утвержденными ежемесячными балансами производства и потребления электроэнергии, тыс. МВт*ч.

Согласно концепции проекта Ерейментауской ВЭС, представленной на сайте ТОО «Первая ветровая электрическая станция» [17], плановый объем производства электроэнергии за один отчетный год составит 172 000 МВт*ч. При этом, плановые объемы сокращений выбросов CO_2 должны составить:

$$V_{\text{ey}} = 0.844 \text{ т. CO}_2/\text{МВт*ч} \times 172\,000 \text{ МВт*ч} = 145\,168 \text{ тонн CO}_2 \quad (3)$$

Фактическая суммарная выработка электроэнергии ТОО «Первая ветровая электрическая станция» с 20 ноября 2020 года по 20 ноября 2021 года составляет 143957,22 МВт*ч. Установленный эмиссионный фактор для проектов по сокращению выбросов – 0.844 т CO_2 /МВт*ч.

Количество сокращенных выбросов двуокиси углерода рассчитано следующим образом:

$$V_{\text{ey}} = 0.844 \text{ т CO}_2/\text{МВт*ч} \times 143\,957,22 \text{ МВт*ч} = 121\,499,894 \text{ тонн CO}_2 \quad (4)$$

Таким образом, в результате реализации проекта фактический объем сокращенных единиц за период с 20.11.2020 по 20.11.2021 составил 121 499,9 тонн CO_2 .

Причина разницы между фактической выработкой и плановой – уменьшение скорости ветра.

Срок службы оборудования составляет 20 лет. Таким образом, за период планового срока службы оборудования ветровой электрической станции с использованием данных о фактической выработке электроэнергии за 1 год работы ВЭС сокращение выбросов CO_2 составит:

$$V_{\text{ey}} = 121\,499,894 \text{ тонн CO}_2 \times 20 \text{ лет} = 2\,429\,997,88 \text{ тонн CO}_2 \quad (5)$$

Как видно из приведенного расчета, использование ВИЭ вносит большой вклад в сокращение выбросов парниковых газов.

Заключение

Несмотря на высокий потенциал, в РК доля возобновляемых источников энергии в срав-

нении с традиционными источниками энергии незначительна, однако ежегодно данный показатель растет. В период с 2013 по 2021 год количество электроэнергии, произведенной на ВИЭ, увеличилось в 6,5 раз.

Согласно данным 2018 года, уголь обеспечивает около 70%, а природный газ 20% выработки электроэнергии, это приводит к существенным выбросам парниковых газов [22]. Основа проектов ВИЭ заключается в замене электроэнергии, вырабатываемой при сжигании топлива, на электроэнергию, вырабатываемую без топлива. При помощи ветрогенераторов, являющихся бестопливным возобновляемым источником энергии, производится экологически чистая энергия. Выбросы вредных веществ в атмосферу полностью отсутствуют, что позволяет утверждать, что отрицательного воздействия на окружающую среду электростанции на основе ветровой энергии нет.

Согласно правилам получения офсетных единиц, заявитель проекта разрабатывает методику количественного определения сокращения выбросов парниковых газов по отношению к базовому сценарию проекта. Проектная документация и план мониторинга проекта сокращения разрабатываются на основе Методик по расчету выбросов и поглощения парниковых газов, утвержденных приказом Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 сентября 2021 года, или международных методик в соответствии с Законом Республики Казахстан «О ратификации Парижского соглашения» и Законом Республики Казахстан «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата» [8]. К сожалению, в нашей стране нет единой согласованной методики для расчетов единиц сокращения выбросов парниковых газов.

Исходя из результатов данного исследования, можно сделать заключение, что ветровая электростанция г. Ерейментау поможет существенно сократить выбросы парниковых газов в Казахстане – сокращение выбросов диоксида углерода за период 20.11.2020-20.11.2021 составило 121499,9 тонн. При минимальной годовой выработке электроэнергии на ветроэнергетической станции г. Ерейментау 143 957,22 МВт/ч ожидаемые ежегодные сокращения выбросов составят 2 429 997,88 тонн CO_2 за 20 лет работы станции.

Финансирование

Работа выполнена без привлечения финансирования.

Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие финансовой или какой-либо иной поддержки исследования, или конфликта интересов.

Литература

- 1 Akhanova G., Nadeem A., Kim J.R., Azhar S. A multi-criteria decision-making framework for building sustainability assessment in Kazakhstan // *Sustainable Cities and Society*. – 2020. – Volume 52 (January). – P. 5–7. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101842>
- 2 Sarbassov Y., Kerimray A., Tokmurzin D. Electricity and heating system in Kazakhstan: Exploring energy efficiency improvement paths // *Energy Policy*. – 2013. – Volume 44. – P. 4–5.
- 3 III-VI Национальное сообщение Республики Казахстан к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). – Астана, 2013. – С. 274.
- 4 Kerimray A., Bakdolotov A. Sustainable Energy in Kazakhstan. Edited by Yelena Kalyuzhnova and Richard Pomfret. *Sustainable Energy in Kazakhstan: Moving to Cleaner Energy in a Resource-Rich Country* // Series: Central Asia research forum: Routledge, Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge. – 2017. – P. 16–24. <https://doi.org/10.4324/9781315267302>.
- 5 Moroz S.P. The New Environmental Code of Kazakhstan? // *Juridical Science and Practice*. – 2020. – Vol. 16 (2) – P. 48–55. <https://doi.org/10.25205/2542-0410-2020-16-2-48-55>.
- 6 Perdan S., Azapagic A. Carbon Trading: Current Schemes and Future Developments // *Energy Policy*. – 2011. – Vol. 39 (10) – P. 6040–54. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.003>.
- 7 Maamoun N. The Kyoto Protocol: Empirical Evidence of a Hidden Success // *Journal of Environmental Economics and Management*. – 2019. – Vol. 95 (May) – P. 227–56. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.04.001>.
- 8 Приказ № 455 н.о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Об утверждении Правил одобрения углеродного офсета и предоставления офсетных единиц // 2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025074>
- 9 ACM0002 Large-scale Consolidated Methodology: Grid-connected electricity generation from renewable sources // UNFCCC. – 2017. – Version 20.0, Sectoral scope(s): 01 https://cdm.unfccc.int/filestorage/A/G/0/AG07ZJQ3EXD42LT5YV9HR16M8KINPO/EB105_repan03_ACM0002.pdf?t=amd8cmRmMG9jfDBgb7II48rWMTJzkkAoJNHM
- 10 Laldjebaeva M., Isaev R., Saukhimov A. Renewable energy in Central Asia: An overview of potentials, deployment, outlook, and barriers // *Energy Reports*. – 2021. – Vol. 7. – P. 3125 – 3136. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721002924#b40>
- 11 United Nations Development Program Kazakhstan. Lessons learnt from the Kazakhstan: wind power market development initiative // UNDP. – 2011.
- 12 Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre. Global Trends in Renewable Energy Investment // Frankfurt School of Finance & Management: Frankfurt am Main, Germany. – 2018. – P. 56–67.
- 13 Investment Climate and Market Structure Review in the Energy Sector of Kazakhstan // Energy Charter Secretariat. – 2013. – URL: https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Kazakhstan_2013_en.pdf
- 14 FIRST WIND POWER STATION // 2022. – (accessed 15.01.2022). – URL: <https://pves.kz/en/company/story>
- 15 Концепция проекта ВЭС Ерейментау-1 // 2022. – (дата обращения: 15.01.2022). – URL: <https://pves.kz/ru/i66>
- 16 Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan // 2022. – (accessed 11.02.2022). – URL: <https://stat.gov.kz/jur-search/bin>
- 17 Проектная документация для внутреннего проекта по сокращению выбросов парниковых газов ТОО «Первая ветровая электрическая станция» // 2022. – (дата обращения: 15.01.2022). – URL: <https://pves.kz/ru/i66>
- 18 Министерство энергетики Республики Казахстан, Информация по производству электрической энергии объектами ВИЭ // 2022. – (дата обращения: 05.03.2022). – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/12625?lang=ru>
- 19 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories // 2006. – Vol.2 Energy, Chapter 2 «Stationary Combustion».
- 20 OECD, Practical baseline recommendations for greenhouse gas mitigation projects in the electric power sector // 2002. – (accessed 26.03.2022). – URL: <https://www.oecd.org/env/cc/1943333.pdf>
- 21 European Bank for Reconstruction and Development, О перспективах развития ветроэнергетики в Республике Казахстан // 2012. – (дата обращения: 05.02.2022). – URL: https://carnegieendowment.org/files/Presentation_%20Doroshin%20Rus.pdf
- 22 International Energy Agency, Kazakhstan energy profile, country report // 2020. – (accessed 17.02.2022). – URL: <https://www.iea.org/reports/kazakhstan-energy-profile>

References

- 1 Akhanova, G., Nadeem, A., Kim, J.R., Azhar, S. "A multi-criteria decision-making framework for building sustainability assessment in Kazakhstan." *Sustainable Cities and Society*, Volume 52 (January), (2020):5-7. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101842>
- 2 Sarbassov, Y., Kerimray, A., Tokmurzin, D. "Electricheskaya i otopitel'naya sistema v Kazaxstane: issledya vozmozhnosti dlya ulucheniya energoeffektivnosti [Electricity and heating system in Kazakhstan: Exploring energy efficiency improvement paths]." *Energy Policy*, Volume 44, (2013):4-5.
- 3 Ministerstvo okruzhayushhej sredy i vodny`x resursov Respubliki Kazaxstan, Programma Razvitiya OON v Kazaxstane, Global'nyj E`kologicheskij Fond "III-VI Nacional'noe soobshhenie Respubliki Kazaxstan k Ramochnoj konvencii OON ob izmenenii klimata (RKIK OON) [Ministry of Environment and Water Resources of the Republic of Kazakhstan, United Nations Development Program in Kazakhstan, Global Environment Facility "III-VI National Communication of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)]." Astana, (2013): 274 (In Russian)
- 4 Kerimray, A., Bakdolotov, A. "Sustainable Energy in Kazakhstan." Edited by Yelena Kalyuzhnova and Richard Pomfret. "Sustainable Energy in Kazakhstan: Moving to Cleaner Energy in a Resource-Rich Country." Series: Central Asia research forum: Routledge, Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge (2017):16-24. <https://doi.org/10.4324/9781315267302>.
- 5 Moroz, S.P. "The New Environmental Code of Kazakhstan?" *Juridical Science and Practice*, Vol. 16 (2) (2020): 48–55. <https://doi.org/10.25205/2542-0410-2020-16-2-48-55>.
- 6 Perdan, S., Azapagic, A. "Carbon Trading: Current Schemes and Future Developments." *Energy Policy*, Vol. 39 (10), (2011): 6040–54. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.003>.
- 7 Maamoun, N. "The Kyoto Protocol: Empirical Evidence of a Hidden Success." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol 95 (May), (2019): 227–256. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.04.001>.
- 8 Prikaz i.o. Ministra e`kologii, geologii i prirodny`x resursov Respubliki Kazaxstan № 455 ot 5 noyabrya 2021 goda "Ob utverzhdenii Pravil odobreniya uglerodnogo ofseta i predostavleniya ofsetny`x edinic" [Order of the Acting Minister of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan No. 455 dated November 5, 2021 «On approval of the Rules for approval of carbon offset and provision of offset units»], <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025074> (accessed 12.01.2022). (In Russian)
- 9 ACM 0002. "Large-scale Consolidated Methodology: Grid-connected electricity generation from renewable sources." UNFCCC, Sectoral scope(s): 01, Version 20.0 (2017). URL: https://cdm.unfccc.int/filestorage/A/G/0/AG07ZJQ3EXD42LT5YV9HR16M8KINPO/EB105_repan03_ACM0002.pdf?t=amd8cmRmMG9jFDBgb7II48rWMTJzkkAoJNHM (accessed 09.01.2022)
- 10 Laldjebaeva, M., Isaev, R., Saukhimov, A. "Renewable energy in Central Asia: An overview of potentials, deployment, outlook, and barriers." *Energy Reports*, Vol. 7, (2021): 3125 – 3136.
- 11 United Nations Development Program Kazakhstan "Lessons learnt from the Kazakhstan: wind power market development initiative" UNDP, Astana (2011).
- 12 Frankfurt School. UNEP Collaborating Centre "Global Trends in Renewable Energy Investment." Frankfurt School of Finance & Management: Frankfurt am Main, Germany (2018):56-67.
- 13 Energy Charter Secretariat report "Investment Climate and Market Structure Review in the Energy Sector of Kazakhstan." Astana (2013). URL: https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Kazakhstan_2013_en.pdf (accessed 22.03.2022).
- 14 FIRST WIND POWER STATION official web site. URL: <https://pves.kz/en/company/story> (accessed 15.01.2022)
- 15 Konceptiya proekta VE`S Erejmentau-1 [The concept of the Yerementau-1 wind farm project]. URL: <https://pves.kz/ru/i66> (accessed 15.01.2022). (In Russian)
- 16 Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan (2022). URL: <https://stat.gov.kz/jur-search/bin> (accessed 11.02.2022).
- 17 Proektnaya dokumentaciya dlya vnutrennego proekta po sokrashheniyu vy`brosov parnikovyx gazov TOO «Pervaya vetrovaya e`lektricheskaya stanciya» [Project documentation for an internal project to reduce greenhouse gas emissions of the First Wind Power Plant LLP] Nur-Sultan, (2022). URL: <https://pves.kz/ru/i66> (accessed 15.01.2022). (In Russian)
- 18 Ministerstvo e`nergetiki Respubliki Kazaxstan, Informaciya po proizvodstvu e`lektricheskoy e`nergii ob`ektami VIE` [Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Information on the production of electric energy by renewable energy facilities] Nur-Sultan, (2022). URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/12625?lang=ru> (accessed 05.03.2022). (In Russian)
- 19 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, Vol.2 Energy, Chapter 2 «Stationary Combustion», (2006).
- 20 OECD "Practical baseline recommendations for greenhouse gas mitigation projects in the electric power sector." New York, (2002). URL: <https://www.oecd.org/env/cc/1943333.pdf> (accessed 26.03.2022).
- 21 European Bank for Reconstruction and Development "O perspektivax razvitiya vetroe`nergetiki v Respublike Kazaxstan [On the prospects of wind energy development in the Republic of Kazakhstan]" Astana, (2012). URL: https://carnegieendowment.org/files/Presentation_-%20Doroshin%20Rus.pdf (accessed 05.02.2022).
- 22 International Energy Agency "Kazakhstan energy profile". Country report (2020). URL: <https://www.iea.org/reports/kazakhstan-energy-profile> (accessed 17.02.2022).