



## ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ КАЗАХСТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*А.А. Тулегенова*

МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет  
Россия 119991, Москва,  
тел.: 8 (925) 321-79-87; e-mail: ainur18.93@list.ru

doi: 10.15518/isjaee.2020.11.008

Заключение совета рецензентов: 26.10.20 Заключение совета экспертов: 26.10.20 Принято к публикации: 30.10.20

Мировая тенденция декарбонизации экономики может оказать значительное влияние на крупных экспортеров Республики, так как использование угольной генерации значительно увеличивает углеродоемкость производимой продукции, а широко обсуждаемое введение трансграничного углеродного регулирования странами ЕС потенциально снизит конкурентоспособность энергоемких товаров казахстанских производителей на европейском рынке. Более 80% электроэнергии в стране вырабатывается угольными тепловыми электростанциями. Развитие возобновляемой энергетики может послужить одним из направлений достижения целей по снижению выбросов парниковых газов как на страновом уровне, так и для крупных промышленных производителей. Установки на возобновляемых источниках энергии характеризуются не только более низкой нагрузкой на окружающую среду, но и гибкостью проектирования. В настоящее время особо актуальны исследования, посвященные региональному анализу территории с точки зрения применимости возобновляемой энергетики. В текущем исследовании будет представлена попытка анализа потенциала энергообеспечения областей Казахстана на основе станций на ископаемом топливе и возобновляемых источниках энергии (солнечные и ветровые станции). Использование инструментов пространственного анализа позволило учесть факторы, способствующие и ограничивающие строительство ветровых и солнечных станций, а также вычислить доступные для проектирования территории в областях Казахстана. Проведенные оценки потенциальной средней годовой удельной производительности типовых солнечных и ветровых станций позволили сделать вывод о большей конкурентоспособности ветровой энергетики, по сравнению с солнечной (ВЭС – от 63 до 342 МВт/ч/год/км<sup>2</sup>, СЭС – от 41 до 68 МВт/ч/год/км<sup>2</sup>). В результате исследования были выявлены энергодефицитные области: Акмолинская, Туркестанская и Костанайская, где развитие ВИЭ наиболее перспективно. В исследовании проведен сравнительный анализ приведенной стоимости вырабатываемой энергии на станциях возобновляемой энергетики с величиной тарифов энергоснабжающих организаций в областях Казахстана. По результатам расчетов приведенная стоимость варьируется от 5,7 до 7,9 руб./кВт/ч для СЭС и 0,8- 2,6 руб./кВт/ч для ВЭС.

**Ключевые слова** : возобновляемые источники энергии, Казахстан, потенциал энергообеспечения, возобновляемая энергетика, региональный анализ, пространственный анализ, производительность.

## ENERGY SUPPLY POTENTIAL OF THE KAZAKHSTAN REGIONS WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

*A.A. Tulegenova*



The global trend of decarbonization of the economy can have a significant impact on the main exporters of the Republic, since the use of coal generation significantly increases the carbon intensity of manufactured products, and the widely discussed introduction of cross-border carbon regulation by the EU countries will potentially reduce the competitiveness of energy-intensive products of Kazakhstani producers in the European market. More than 80% of the country's electricity is generated by coal-fired thermal power plants. The development of renewable energy can serve as one of the directions for achieving the goals of reducing greenhouse gas emissions both at the country level and for large industrial producers. Renewable energy installations are characterized not only by a lower environmental load, but also by design flexibility. Currently, studies devoted to the regional analysis of the territory from the point of view of the applicability of renewable energy are especially relevant. The current study will present an attempt to analyze the energy supply potential of the regions of Kazakhstan based on fossil fuel and renewable energy plants (solar and wind power plants). The use of spatial analysis tools made it possible to take into account the factors contributing and limiting the construction of wind and solar stations, as well as to calculate the territories available for design in the regions of Kazakhstan. The estimates of the potential average annual specific productivity of typical solar and wind power plants allowed us to conclude that wind energy is more competitive than solar (WPP - from 63 to 342 MWh / year / km<sup>2</sup>, SPP - from 41 to 68 MWh / year / km<sup>2</sup>). As a result of the study, energy-deficient regions were identified: Akmola, Turkestan and Kostanai, where the development of renewable energy is most promising. The study carried out a comparative analysis of the present value of generated energy at renewable energy stations with the value of tariffs of energy supplying organizations in the regions of Kazakhstan. According to the calculation results, the present value varies from 5.7 to 7.9 rubles / kWh for SPP and 0.8-2.6 rubles / kWh for wind power plants.

**Keywords :** renewable energy sources, Kazakhstan, energy supply potential, renewable energy, regional analysis.



Айнур Тулегенова  
Ainur Tulegenova

**Сведения об авторе:** аспирант научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

**Образование:** географический факультет МГУ, 2017.

**Область научных интересов:** возобновляемая энергетика, устойчивое развитие, экология, картография, ГИС.

**Публикации:** 5.

**Information about the author:** postgraduate at Renewable Energy Sources Laboratory (Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography).

**Education:** Education: Faculty of Geography, MSU, 2017.

**Research area:** renewable energy, sustainable development, ecology, cartography, GIS

**Publications:** 5.

## Введение

Доля возобновляемой энергетики в мировой генерации электроэнергии характеризуется стабильным ростом, в 2018 г. она составила 7% (солнечная и ветровая) [1], новым витком ее развития послужила развивающаяся политика декарбонизации экономики, в рамках которой особое внимание уделяется энергии с минимальным углеродным следом. Ежегодные темпы роста потребления электроэнергии (в 2018 г. 24 739 ТВт/ч - рост с 2008 г на 24% [1]) в мире увеличивают актуальность исследований посвященных диверсификации источников энергии. Даже при кардинальном снижении цен на традиционные энергоносители возобновляемая энергетика (ВЭ) может быть актуальной для крупных по территории стран, где существует проблема с централизованным энергоснабжением, а высокая стоимость строительства линий электропередач

стимулирует автономный тип энергообеспечения. Модульность установок на ВИЭ позволяет создавать энергогенерирующие объекты различной мощности, тем самым развивая этот вид энергетики на региональном уровне и обеспечивая широкий спектр потребителей – как находящихся в единой энергетической сети, так и автономных.

Разработана и апробирована методика комплексной оценки потенциала энергообеспечения на основе возобновляемых источников энергии на региональном уровне. Методика объединяет в себе физико-географические и экономические оценки регионального уровня, а именно, ресурсов различных видов ВИЭ, инфраструктурных, экономических и экологических факторов территории, определяющих возможность генерации энергии от возобновляемых источников. Впервые данная методика применена для анализа потенциала энергообеспечения на основе ВИЭ областей Республики Казахстан – государ-

ства с нетипичными условиями для активного развития возобновляемой энергетики.

Производство электрической энергии в Республике Казахстан (РК) в настоящее время основано на использовании ископаемого углеводородного топлива. Большую часть (81%) электроэнергии Казахстана вырабатывают угольные электростанции [2], что влечет за собой высокую интенсивность загрязнения атмосферного воздуха. Низкая плотность населения в Казахстане приводит, с одной стороны, к наличию сезонных или постоянных автономных потребителей энергии, а, с другой, - обеспечивает значительные площади для строительства станций на возобновляемых источниках. Генерирующие мощности в Республике объединены в несколько энергетических зон, передача энергии между которыми ведет к значительным потерям (в 2018 г. – около 3000 ГВт/ч/год). Стабильный рост потерь обусловлен старением созданной еще при СССР сетевой инфраструктуры. В то же время растущее энергопотребление и дефицит собственной мощности в Южной энергоне требует решения проблемы транзита электроэнергии «Север-Юг». Основным потребителем электроэнергии Казахстана является промышленный сектор. На его долю приходится 58% электроэнергии, далее идет ЖКХ – 22 %, потери на собственные нужды – 14 % и сельское хозяйство – 1 % (Рис.3). Большая часть промышленных компаний Казахстана осуществляет экспорт своей продукции на мировой рынок, где в настоящее время большое внимание уделяется эко-

логического имиджу в связи с тем, что он оказывает влияние на инвестиционную привлекательность. Созданные мировые рейтинги как Re100, CDP и тенденция публикации нефинансовой отчетности стимулируют использование менее энергоемких энергоносителей. Таким образом, перечисленные выше проблемы могут быть решены при помощи возобновляемой энергетики, что позволяет сделать вывод об актуальности исследований данной тематики. Целью настоящей работы является оценка потенциала энергообеспечения регионов Казахстана на основе возобновляемых источников энергии.

В Республике ратифицирован Киотский протокол, создана законодательная база и приняты механизмы государственной поддержки (аукционные торги), направленные на стимулирование развития возобновляемой энергетики. Разработанная концепция по переходу к зеленой экономике предполагает выполнение ряда целевых показателей с максимальным приростом мощностей, ветровых - до 1200 МВт – и солнечных – до 1100 МВт – электростанций к 2025 г. В определенной степени станции на ВИЭ будут использоваться для замещения старых станций тепловой энергетики [3].

В результате с 2014 по 2018 годы прослеживается положительная динамика установленных мощностей и выработки энергии от ВИЭ, максимальный рост пришелся на ветровую энергетику, на втором и третьем месте – малые ГЭС, и солнечные электростанции (Табл.1).

Список обозначений	
Аббревиатуры	
БиоТЭС	Биоэлектростанция
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ВЭ	Возобновляемая энергетика
ВЭС	Ветроэлектростанция

ВЭУ	Ветроустановка
ГЭС	Гидроэлектростанция
ЛЭП	Линии электропередач
РК	Республика Казахстан
СЭС	Солнечная электростанция
ФЭМ	Фотоэлектрический модуль

Таблица 1. Объем выработки и доля производства электроэнергии станциями на возобновляемых источниках от общей выработки в Республике Казахстан (составлено автором на основе данных [3,4])

Table 1. Generation volume and the share of electricity generation by renewable sources in the total generation in the Republic of Kazakhstan (compiled by the author based on data [3,4])

Год	Объем выработки электроэнергии от станций ВЭ, млн. кВт/ч (ВЭС/СЭС/Малые ГЭС/БиоТЭС)	Доля производства электроэнергии от ВИЭ в энергобалансе (%)
2016	271/86/81/-	0.98
2017	335/90/144/-	1.07
2018	398/138/242/1	1.26

Таким образом, Казахстан – государство с нетипичными условиями для активного развития возобновляемой энергетики. Однако, несмотря на значительные запасы ископаемого топлива, страна активно стимулирует развитие возобнов-

ляемой энергетики, где ветровая и солнечная энергетика практически в равной степени рассматриваются в качестве ведущих направлений ВЭ. Для оценки возможной роли возобновляемых источников в энергообеспечении необходимо оценить потенциал энер-

гообеспечения регионов Казахстана на основе ВИЭ. Под потенциалом энергообеспечения подразумевается доля потребления электроэнергии, которую можно обеспечить генерацией электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии. Потенциал энергообеспечения для заданной территории определяется: потребностями в энергообеспечении; производительностью станций на ВИЭ; ограничениями применения возобновляемых источников энергии; конкурентоспособностью энергии от ВИЭ.

## 1. Теоретические основы и методика исследования

### 1.1 Общая характеристика регионального потребления электроэнергии в РК.

Электроэнергетика Казахстана является совокупностью следующих секторов: производство, передача, снабжение, потребление и иная деятельность в сфере энергообеспечения. По состоянию на 01.01.2019 г. в Республике функционирует 138 электрических станций, общей установленной мощностью 21901,9 МВт. [2]

Значительное количество областей являются энергодефицитными (Табл. 2). Максимальным отрицательным электроэнергетическим балансом среди областей Казахстана характеризуются Акмолинская область, дефицит электрической энергии составил 4792 ГВт/ч/год. Наибольшее количество электрической энергии вырабатывается и потребляется в Павлодарской области, именно эта область является основным донором электрической энергии в Казахстане. Сальдо-переток в Российскую Федерацию и Центральную Азию в 2018 г. составил 3566 ГВт/ч и 2,8 ГВт/ч соответственно.

Баланс электрической энергии за период 2013- 2019 гг. по областям РК  
(составлено автором по данным [5]).

Таблица 2

Electricity balance for the period 2013-2019 by regions of the RK  
(compiled by the author based on data from [5]).

Table 2.

Область РК	Баланс производства и потребления электроэнергии, ГВт/ч/год				
	2014	2015	2016	2017	2018
Павлодарская	23528	17808	16594	22706	26194
Карагандинская	-1696	-713	-608	-1283	-2160
Алматинская	-4222	-3590	-2467	-3043	-3758
Акмолинская	-4991	-4679	-4653	-4603	-4792
Восточно-Казахстанская	-807	197	1393	1432	569
Актюбинская	-1453	-1750	-1754	-2289	-2522
Мангистауская	205	210	230	-27	187
Атырауская	-172	-222	-276	-208	-521
Костанайская	-3800	-3176	-3299	-3627	-3889
Туркестанская	-2807	-3166	-3189	-4035	-4104
Жамбылская	-1180	-637	-339	-815	-2014
Западно-Казахстанская	-182	-313	-107	134	214
Северо-Казахстанская	1029	1171	1527	1499	1416
Кызылординская	-1178	-1191	-1286	-1312	-1250
<b>Всего</b>	<b>2332</b>	<b>2274</b>	<b>1764</b>	<b>4527</b>	<b>3569</b>

### 1.2. Источники данных при оценке производительности ветровых и солнечных станций.

При оценке потенциала энергообеспечения на основе ВИЭ должен быть проведен анализ ресурсов и расчет средней годовой производительности проектируемых станций. Для оценки валового энергетического потенциала в качестве исходных данных использовалась климатическая база данных NASAPOWER [6]. База данных NASAPOWER содержит массивы данных о приходящей солнечной радиации на горизонтальную поверхность: температуре, скорости ветра на различных высотах и других значимых для солнечной и ветровой энергетики ха-

рактеристик, на регулярной пространственной сетке (1x1)°. Данные представлены в формате суточные суммы (для солнечной радиации), средние суточные значения (для температуры, скорости ветра и др.) для каждых суток периода с 1983 по настоящее время. Для получения ресурсных характеристик солнечной и ветровой энергии на территории Казахстана были использованы последовательности данных о приходе солнечной радиации и скорости ветра за 1983-2005 гг.. В результате были рассчитаны средние годовые и сезонные суточные суммы суммарной солнечной радиации, средние годовые значения и повторяемость скорости ветра для каждой ячейки пространственной сетки (1x1)° с последующей генерализацией до сетки (2x2)°. Было показано, что между годич-



ные вариации характеристик радиации и средних скоростей ветра составляют от 2 до 13 %. В дальнейшем предполагалось, что точность оценки производительности станций определяется между годичными вариациями ресурсных характеристик и находятся в этих же пределах.

Для расчета производительности солнечных и ветровых станций в данном исследовании были выбраны типовые станции одинаковой мощности – 15 МВт.

Для пространственного анализа производительности солнечных и ветровых станций (технического потенциала) рассматривалась плотность произведенной энергии на единицу площади поверхности ( $1 \text{ км}^2$ ) (удельная производительность).

При этом предполагалось минимально возможное расстояние между ВЭУ/ФЭМ на площадках станций ( $1 \text{ ВЭС/км}^2$ ,  $143 \text{ ФЭМ/км}^2$ ).

## 2. Результаты и их обсуждение

Рассчитанная удельная выработка энергии для территории РК составила: при использовании ВЭС – от 63 до  $342 \text{ МВт}\cdot\text{ч/год/км}^2$ , при использовании фотоэлектрических модулей в составе СЭС – от 41 до  $68 \text{ МВт}\cdot\text{ч/год/км}^2$  (Рис. 1, 2). Видно, что удельная производительность ветровых станций в 1,5-5 раз выше, чем удельная производительность солнечных станций (для выбранных типов ФЭМ и ВЭУ).

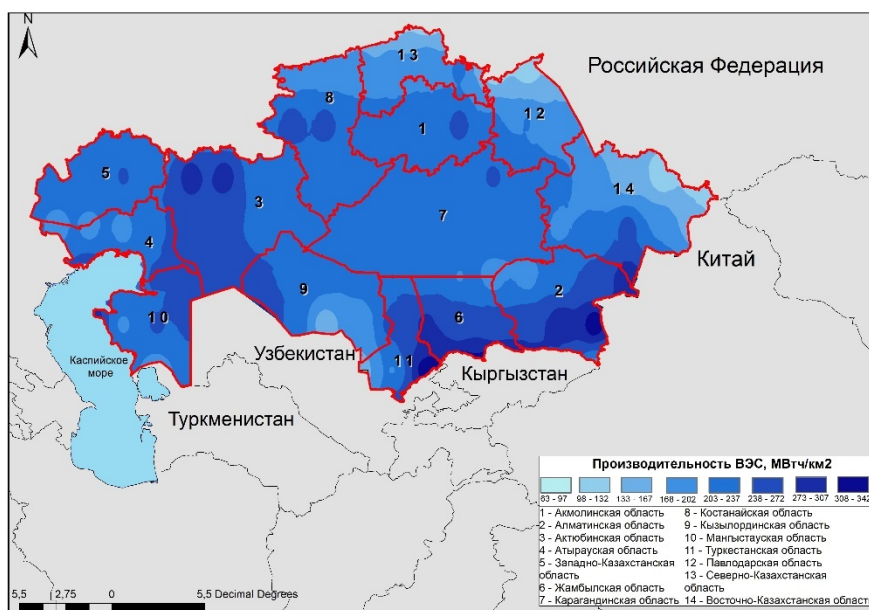


Рис.1. Удельная производительность ВЭС, МВт\*ч/км² за 2018 г. (составлено автором)  
 Fig.1. Specific productivity of WPP (wind power plant), MWh / km² for 2018 (compiled by the author)



Рис.2. Удельная производительность СЭС, МВт\*ч/км² за 2018 г. (составлено автором)  
 Fig.2. Specific productivity of SPP (solar power plant), MWh / km² for 2018 (compiled by the author)



Для оценки потенциала энергообеспечения необходимо учесть влияние ограничивающих (территории ООПТ, лесов, населенных пунктов, водных объектов, ключевых орнитологических территорий, буферных зон населенных пунктов и т.д.) и способствующих использованию ветровой и солнечной энергии факторов (линии электропередач, автодорожная сеть и электрические подстанции). Инструменты пространственного анализа позволяют исключить из рассмотрения территории, где строительство станций запрещено и вычислить площадь доступных для размещения станций территорий. В качестве способствующего фактора в работе были учтены линии электропередач. После выделения доступных территории на основании приведенных выше факторов было введено дополнительное ограничение территории не далее 5 км от линий электропередач в связи с дороговизной строительства ЛЭП. В результате были получены значения

по доступным для строительства площадям. Согласно полученным результатам, значительными земельными ресурсами для размещения станций на основе ВИЭ в Республике Казахстан обладает Карагандинская (33 131 км<sup>2</sup> для ВЭС и 34 271 км<sup>2</sup> для СЭС), Акмолинская (27 445 км<sup>2</sup> для ВЭС и 29 357 км<sup>2</sup> для СЭС) и Павлодарская (22 111 км<sup>2</sup> для ВЭС, 22 614 км<sup>2</sup> для СЭС) области.

В дальнейшем была рассчитана и сопоставлена величина выработки электроэнергии солнечными и ветровыми станциями с величиной потребления электроэнергии в областях Казахстана с учетом полученных расчетных величин по доступным площадям. Общий потенциал энергообеспечения для всей Республики составляет 43 % (44 975 ГВт\*ч/год) для ВЭС и около 11 % (11 023 ГВт\*ч/год) для СЭС, в случае, если они занимают все разрешенные территории (Рис.3).

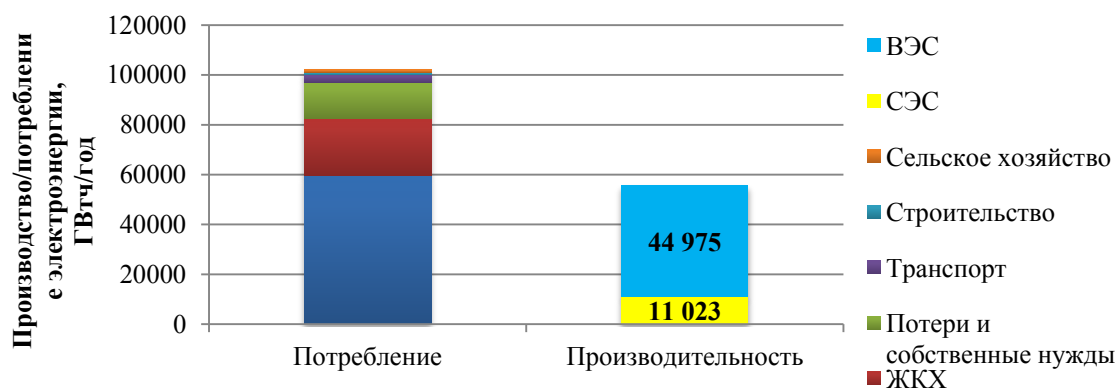


Рис.3. Потребление электроэнергии и производительность ВЭС и СЭС в РК (составлено автором)

Fig.3. Electricity consumption and productivity of WPP and SPP in the Republic of Kazakhstan (compiled by the author)

Если рассматривать региональный потенциал энергообеспечения, то годовая выработка ВЭС на разрешенных территориях может потенциально полностью удовлетворить нужды в электроэнергии в областях с относительно малым общим потреблением электроэнергии – Северо-Казахстанской и Кызылординской. Высоким потенциалом энергообеспечения от ВИЭ обладают также Жамбылская, Западно-Казахстанская, Костанайская и Акмолинская области – уровень замещения – более 65 % (1 295-5 898 ГВт\*ч/год) потребляемой электроэнергии. Наиболее перспективным для использования СЭС являются Кызылординская, Жамбылская и Северо-Казахстанская области, где солнечные электростанции могут потенциально обеспечить

от 20 до 32% (544-873 ГВт\*ч) потребляемой электроэнергии (Рис.4).

В качестве ключевой характеристики себестоимости электрической энергии, выработанной солнечными и ветровыми станциями, была использована приведенная стоимость электроэнергии Levelised Cost of Energy (LCOE). Оценка капитальных (расходы на оборудование) и операционных (доставка оборудования, строительство, эксплуатация станций) затрат для СЭС проведена на основе сметных документов строительства Кош - Агачской солнечной станции (Республика Алтай, РФ), построенной в 2014 г., с учетом инфляции и изменения стоимости ФЭМ за прошедший период.





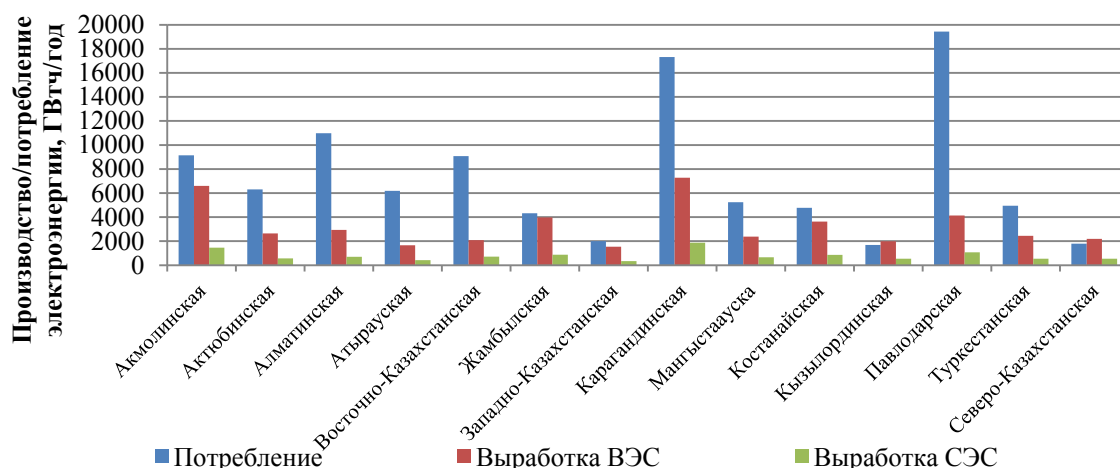


Рис.4. Потребление электроэнергии и производительность ВЭС и СЭС в областях РК (составлено автором)  
 Fig.4. Electricity consumption and productivity of WPP and SPP in the regions of the Republic of Kazakhstan (compiled by the author)

Капитальные и операционные затраты на строительство и эксплуатацию ветровых станций были взяты из текущих оценок международных аналитических агентств [7].

В результате приведенная стоимость варьируется от 5,7 до 7,9 руб./кВт\*ч для СЭС и 0,8- 2,6 руб./кВт\*ч для ВЭС, диапазоны представлены для максимальной и минимальной производительности станций. Величина LCOE может существенно меняться в зависимости от расходов на логистику, в данном исследовании эта составляющая не была учтена в связи с невозможностью ее прогнозирования для различных регионов Казахстана. Стоимость электроэнергии на казахстанском оптовом рынке энергии и мощно-

сти по результатам проведенных торгов в 2018 г., выработанной при использовании традиционного топлива составляет 0,76 руб.1- 2,01 руб.1/кВт\*ч. себестоимость энергии, выработанной на солнечных и ветровых станциях, – с учетом оценочного характера расчетов – близка к конкурентоспособной.

При сопоставлении результатов стоимости электроэнергии с тарифами на покупку электроэнергии в областях Казахстана по данным [5] (Табл. 3) для физических и юридических лиц, наименьшей конкурентоспособностью энергия ветровых и солнечных станций обладает в Атырауской, Актюбинской и Павлодарской областях, наибольшей конкурентоспособностью- в Алматинской, Акмолинской и Мангыстауской областях.

Таблица 3

Тарифы энергоснабжающих организаций Республики Казахстан для физических и юридических лиц за 2020 г.<sup>1</sup>

Table 3

Tariffs of energy supplying organizations of the Republic of Kazakhstan for individuals and legal entities for 2020<sup>1</sup>

Область	Энергоснабжающая организация	Тариф для физических лиц	Тариф для юридических лиц	LCOE ВЭС,	LCOE СЭС,
Акмолинская	ТОО «АстанаЭнергоСбыт»	3,03	2,29	1,6-1,8	7,1-7,9
	ТОО «КокшетауЭнергоцентр»	2,51	3,60		
	ТОО «АРЭК-Энергосбыт»	2,62	3,97		
Актюбинская	ТОО «Актобеэнергоснаб»	1,57	3,23	1-1,3	6,7-6,8
Алматинская	ТОО «ЖетысуЭнергоТрейд»	2,45	4,06	0,9-1,6	5,7-5,8
	ТОО «АлматыЭнергоСбыт» (среднеотпускной тариф)	3,45	3,45		
Атырауская	ТОО «Атырау Энергосату» <sup>2</sup>	0,74	3,23	1,2-1,6	7,4-7,5
Восточно-Казахстанская	ТОО «Шыгысэнерготрейд»	1,87	2,33	1-2,1	5,9-7,4
Жамбылская	ТОО «ЖамбылЖарыкСауда-2030»	2,14	3,33	0,8-1,5	5,7-5,9



Западно-Казахстанская <sup>2</sup>	ТОО «БатысЭнергоресурсы»	2,40	4,14	1,2-1,6	7-7,5
Костанайская	ТОО «КостанайЭнергоЦентр»	2,63	4,19	1,4- 1,6	6,5-7,6
Кызылординская	ДТОО «Энергосервис»	2,49	2,92	1,3-2,2	5,9-6,5
Карагандинская	ТОО «Караганда Жылу Сбыт»	1,80	3,61	1,2-1,6	5,7-7,4
Мангистауская <sup>3</sup>	ТОО «AllianceEnergоSnab»	2,66	2,83	1,2-1,4	5,9-6,4
Павлодарская	ТОО «ПавлодарЭнергоСбыт»	1,70	2,72	1,3-2,6	7,3-7,8
Северо-Казахстанская	ТОО «СолтустикЭнергоОрталык»	2,30	4,08	1,3-1,6	7,5-7,8
	«СевказЭнергоСбыт»	1,98	2,87		
Туркестанская	ТОО «Энергопоток»	2,49	4,44	0,9-2,3	5,9-6,2

<sup>1</sup> Перевод по курсу 1 рубль = 5,56 тг

<sup>2</sup> Данные для Западно-Казахстанской области использованы с официального сайта ТОО «БатысЭнергоресурсы»

<sup>3</sup> Данные для Мангыстауской и Атырауской областей представлены только за 2019 г.

## Заключение

Республика Казахстан активно развивает возобновляемую энергетику, созданные институциональные условия, в том числе программы развития, законодательная база и методы поддержки отраслей возобновляемой энергетики привели к росту установленной мощности станций ВЭ. Наиболее высокой производительностью в Казахстане характеризуется ветроэлектростанции, генерация энергии которыми, согласно проведенным оценкам, в несколько раз превышает генерацию солнечными электростанциями, что определяется пространственным распределением ресурсов данных видов ВИЭ.

Потенциал энергообеспечения на основе солнечной и ветровой энергии в областях Казахстана варьируется в широком диапазоне (от 5% до 90%). При этом ветроэлектростанции в каждом регионе РК могут потенциально покрывать значительную долю или полные потребности в электроснабжении. Солнечные электростанции характеризуются значительно меньшим потенциалом энергообеспечения, и могут использоваться только в качестве дополнительного источника энергии. Максимальным комплексным потенциалом энергообеспечения на основе ВИЭ обладают Кызылординская, Северо-Казахстанская и Жамбылская области.

Результаты проведенной экономической оценки выработанной электроэнергии на основе ветровой и солнечной генерации свидетельствуют о ее конкурентоспособности.

## Список литературы

1. Международное энергетическое агентство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org>. – (Дата обращения: 11.11.2020)
2. Годовой отчет системный оператор единой электроэнергетической системы Казахстана (KEGOK) за 2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kegoc.kz/ru/2018> – (Дата обращения: 11.11.2020)
3. Национальный энергетический доклад. // Казахстанская ассоциация организаций нефтегазового и

энергетического комплекса «Kazenergy» 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19\\_ru.pdf](https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19_ru.pdf) – (Дата обращения: 11.11.2020)

4. Годовой отчет расчетно-финансового центра за 2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rfc.kegoc.kz/page/godovoy-otchet> – (Дата обращения: 21.05.2020)

5. Годовой отчет Казахстанского оператора рынка электрической энергии и мощности за 2018 г. 192 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.korem.kz/rus/o\\_kompanii/godovoye\\_otchet/](https://www.korem.kz/rus/o_kompanii/godovoye_otchet/) – (Дата обращения: 11.11.2020)

6. Открытая база данных NASA POWER. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> – (Дата обращения: 11.11.2020)

7. Stehly T, Beiter P, Heimiller D. and Scott G. 2018. *2017 Cost of Wind Energy Review*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory 46p.

8. Тулегенова, А.А. Комплексный анализ потенциала энергообеспечения Акмолинской области с использованием возобновляемых источников энергии / А. А. Тулегенова, С. В. Киселева, Ю. Ю. Рафикова // Проблемы региональной экологии. — 2020. — № 3. — С. 112–119.

9. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание / Т. И. Андреев [и др.]. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. — 160 с.

10. Ресурсы возобновляемой энергетики: методы оценки и картографирование / С. В. Киселева [и др.] — М.: Изд-во Наука, 2019. — 194 с

11. Даффи, Д. Основы солнечной теплоэнергетики / Д. Даффи, У. Бекман - Долгопрудный.: Изд-во Интеллект, 2013. — 888 с

12. Киселева, С.В. Оценка эффективности фотоэлектрических станций в климатических условиях Кыргызстана / С.В. Киселева [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). - 2015. - № 1. - С. 14-25.





13. Koshim, A. Spatial assessment of the distribution and potential of bioenergy resources in Kazakhstan/ A. Koshim [et al.] // Adv. Geosci.- 2018, Vol.45, P.217–225.

14. Gormally, A.M. A regional-scale assessment of local renewable energy resources in Cumbria, UK/ A. M. Gormally [et al.] // Energy Policy.- 2012, Vol 50, P.283–293.

15. Qianna, W. A GIS-Based Approach in Support of Spatial Planning for Renewable Energy: A Case Study of Fukushima, Japan/ W. Qianna [et al.] // Sustainability.- 2014, Vol 6, P.2087-2117.

16. Barrington-Leigh, C. The renewable energy landscape in Canada: A spatial analysis/ C. Barrington-Leigh, M. Ouliaris // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2017, Vol. 75, P.809-819

17. Karatayev, M. Current energy resources in Kazakhstan and the future potential of renewables: A review/ M. Karatayev, M.L. Clarke. // Energy Procedia.- 2014, Vol 59, P. 97 – 104.

18. Казахстанская ассоциация сохранения биоразнообразия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.acbk.kz/>. – (Дата обращения: 20.07.2020)

19. Официальный сайт Комитета по статистике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/>. – (Дата обращения: 20.07.2020)

20. Сайт ГИС ВИЭ РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gisre.ru/>. – (Дата обращения: 20.07.2020)

21. Консалтинговая фирма Lazard. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.lazard.com.](https://www.lazard.com/) – (Дата обращения: 20.07.2020)

### References

1. International energy agency [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iea.org>. – (Date of appeal: 11.11.2020)

2. Kazakhstan Electricity Grid Operating Company Annual report 2018 (Astana) [Electronic resource]. – Access mode: <http://https://www.kegoc.kz/ru/2018>. – (Date of appeal: 11.11.2020)

3. Kazakhstan Association of Oil and Gas and Energy Complex Organizations «Kazenergy» National energy report 2019 [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19\\_ru.pdf](https://www.kazenergy.com/upload/document/energy-report/NationalReport19_ru.pdf). – (Date of appeal: 11.11.2020)

4. Financial settlement center of RE Annual report 2018 [Electronic resource]. – Access mode: <https://rfc.kegoc.kz/page/godovoy-otchet>. – (Date of appeal: 11.11.2020)

5. Kazakhstan electricity and power market operator JSC Annual report 2018 [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.korem.kz/rus/o\\_kompanii/godovye\\_otchet\\_y/](https://www.korem.kz/rus/o_kompanii/godovye_otchet_y/) – (Date of appeal: 11.11.2020)

6. NASA POWER database [Electronic resource]. – Access mode: <http://power.larc.nasa.gov> – (Date of appeal: 11.11.2020)

7. Stehly T, Beiter P, Heimiller D. and Scott G. 2018. 2017 Cost of Wind Energy Review. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory 46p.

8. Tulegenova, A.A. Comprehensive analysis of potential of energy support of the akmolaregion using renewable energy sources/ A. A. Tulegenova, S. V. Kiseleva, Yu. Yu. Rafikova // Regional Environmental Issues. — 2020. — № 3. — P. 112–119. (In Russ.)

9. Atlas of renewable energy resources in Russia: scientific publication / T. A. Andreenko [et al.] — M.: D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2015. — 160 p. (In Russ.)

10. Renewable energy resources: assessment methods and mapping / S. V. Kiseleva [et al.] — M.: Science, 2019. — 194 p. (In Russ.)

11. Daffie, J.A. Solar Engineering of Thermal Processes / J.A. Daffie, W.A. Beckman – Dolgoprudnyi: Intelligence, 2013. — 888 p (In Russ.)

12. Kiseleva, S.V. The effectiveness of the solar energy use for power supply in the climatic conditions of Kyrgyzstan. Alternative Energy and Ecology (IS-JAEE). 2015;(1):14-25. (In Russ.)

13. Koshim, A. Spatial assessment of the distribution and potential of bioenergy resources in Kazakhstan/ A. Koshim [et al.] // Adv. Geosci.- 2018, Vol.45, P.217–225.

14. Gormally, A.M. A regional-scale assessment of local renewable energy resources in Cumbria, UK/ A. M. Gormally [et al.] // Energy Policy.- 2012, Vol 50, P.283–293.

15. Qianna, W. A GIS-Based Approach in Support of Spatial Planning for Renewable Energy: A Case Study of Fukushima, Japan/ W. Qianna [et al.] // Sustainability.- 2014, Vol 6, P.2087-2117.

16. Barrington-Leigh, C. The renewable energy landscape in Canada: A spatial analysis/ C. Barrington-Leigh, M. Ouliaris // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2017, Vol. 75, P. 809-819

17. Karatayev, M. Current energy resources in Kazakhstan and the future potential of renewables: A review/ M. Karatayev, M.L. Clarke. // Energy Procedia.- 2014, Vol 59, P. 97 – 104.

18. Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.acbk.kz/>. – (Date of appeal: 20.07.2020).

19. Agency for Strategic planning and reforms of the Republic of Kazakhstan Bureau of National statistic. [Electronic resource]. – Access mode: <https://stat.gov.kz/>; – (Date of appeal: 20.07.2020)

20. GIS Renewable energy sources of Russia. [Electronic resource]. – Access mode: <http://gisre.ru/>. – (Date of appeal: 20.07.2020).

21. LAZARD agency. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.lazard.com>. – (Date of appeal: 20.07.2020)

Транслитерация по BSI

