

реактивной мощности. Стоимость активной мощности учитывает потери мощности (ΔP) и можно вычислить по следующей формуле:

$$c_{\pi} = \beta_{\pi} \times \Delta P \quad (3)$$

где β_{π} - стоимость потери электроэнергии в сети.

Выводы исследования параметров электрической сети по экономическим показателям позволяют сделать вывод о необходимости постоянного мониторинга и оптимизации работы сети с целью снижения эксплуатационных расходов и повышения эффективности. Актуальность данной темы обусловлена важностью обеспечения эффективности электроснабжения наряду с ее надежностью и качества электроэнергии.

Предлагаемые методы оценки экономических показателей могут быть использованы при принятии решений по модернизации и развитию электроэнергетики с целью повышения конкурентоспособности и устойчивости энергосистемы.

Список использованных источников

1. L. Li, Zh. Liu, M. Tseng, S. Zheng, M. Lim. Improved tunicate swarm algorithm: solving the dynamic economic emission dispatch problems. Applied Soft Computing, 108, Article 107504. doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107504.
2. Bishwajit Dey, Biplob Bhattacharyya, F.P.G Márquez. A hybrid optimization-based approach to solve environment constrained economic dispatch problem on microgrid system. May 2021. Journal of Cleaner Production. DOI:10.1016/j.jclepro.2021.127196.
3. Sheryazov S.K., Shelubaev M.V., Obukhov S.G., (2017). Renewable Sources in System Distributed Generation. International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017. IEEE Conference Publications. DOI:10.1109/ICIEAM.2017.8076247.
4. Шерязов С.К., Мажкенова А.С. Возобновляемые источники энергии и правовое регулирование для их развития. Сборник материалов II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Приоритетные направления развития энергетики в АПК. – Курган: Курганская ГСХА. – 2018. – С. 165 – 171.
5. Эванс М., Тернер Э., и Мартинес Д., (2019). Экономический анализ инфраструктуры электрических сетей: тематическое исследование. Экономика энергетики.
6. Сяолян Д., Ченб Н., Чжана С., Ванб Ц., Цяос Н. (2022). Research on the environment & economic indicators for electricity trading. International Conference on Frontiers of Energy and Environment Engineering, CFEEE 2022, 16–18 December, 2022, Beihai, China. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.04.196>.

УДК 620.92

ОЦЕНКА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВИЭ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ КАЗАХСТАНА

¹Шопаева Айман Амановна, ²Жумагулов Михаил Григорьевич,

³Медиева Гульбазар Акыловна

aisham.expert@gmail.com

¹Магистрант ОП: «7М07352 – Инженерные системы и сети»

²PhD, ассоциированный профессор, доцент
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

³д.э.н. Руководитель Офиса НТР, НТС и Институт «Зелёный мост», Астана, Казахстан

Абстракт

Развитие возобновляемых источников энергии в мире играет ключевую роль в обеспечении энергетического будущего мира. ВИЭ способны разнообразить энергетический баланс, обеспечить энергетическую безопасность, расширить доступ к энергии и снизить вредные последствия использования энергии. Однако нынешние темпы роста возобновляемых источников энергии в мировой энергетической зоне слишком низки, чтобы достичь значительного увеличения к 2030 году, как это предусмотрено ЦУР ООН. В этой статье будет проведен анализ существующих технологий, и разработаны рекомендации по использованию этих источников для отопления зданий в Казахстане.

Введение

В современном сообществе все больше внимания уделяется вопросам эффективного использования энергии и снижения негативного воздействия на окружающую среду. В этом контексте возобновляемые источники энергии становятся все более популярными. Одной из важных сфер, в которой возможно применение возобновляемых источников энергии, является теплоснабжение объектов.

Использование возобновляемых источников энергии в теплоснабжении имеет долгую историю, которая насчитывает тысячи лет. В древние времена люди использовали солнце для обогрева своих домов [1].

В настоящее время возобновляемые источники энергии играют все более важную роль в теплоснабжении. Они позволяют снизить зависимость от ископаемых топлив и сократить выбросы парниковых газов. Во многих странах существуют программы по стимулированию использования возобновляемой энергии, в том числе в теплоснабжении. Это помогает развивать рынок возобновляемых источников энергии и способствует сокращению негативного влияния на окружающую среду.

В 2015 году для решения проблемы глобального потепления [2, 3] на КС 21 (Конференция по изменению климата) было принято Парижское соглашение, основанное на принципах Рамочной конвенции ООН об изменении климата (Рамочная конвенция ООН об изменении климата, 2022) и Киотского протокола (РКИК ООН, 2023b), ставящие более амбициозную цель ограничить глобальное потепление значительно ниже 2°C по сравнению с доиндустриальным уровнем, а также предпринять усилия по ограничению повышения температуры до 1,5°C. Это соглашение включает механизм, позволяющий странам регулярно сообщать о своих определяемых на национальном уровне вкладах с изложением своих планов по сокращению выбросов, и что это соглашение также применяется к территориям наследия.

Основная цель исследования - определить возможность использования возобновляемых источников энергии для теплоснабжения объекта в условиях Казахстана. В ходе работы будет проведен анализ существующих технологий, оценена потенциальная мощность возобновляемых источников энергии для теплоснабжения в Казахстане и разработаны рекомендации по использованию этих источников.

В целях теплоснабжения объектов могут использоваться следующие виды возобновляемых источников энергии (ВИЭ):

1. Солнечная энергия: солнечные коллекторы и солнечные батареи могут использоваться для нагрева воды или воздуха, которые затем используются для отопления помещений.

2. Геотермальная энергия: системы геотермального отопления используют тепло, накопленное в земле, чтобы обеспечить отопление помещений.

3. Биомасса: отопление с использованием древесных отходов, соломы, древесных пеллет или других органических материалов является одним из наиболее распространенных способов использования биомассы для отопления [1].

Возможно также комбинированное использование нескольких видов ВИЭ в одной системе отопления для обеспечения надежного и стабильного энергоснабжения.

1. Возможности применения возобновляемых источников энергии в зданиях в условиях Казахстана

В Концепции перехода Казахстана к «зеленой» экономике установлены целевые показатели по достижению доли ВИЭ в генерации электроэнергии до 15% в 2030 г., и до 50% в 2050г. (включая альтернативные источники энергии). В настоящее время в Казахстане принята Стратегия перехода к углеродной нейтральности РК до 2060 года, в рамках которой предполагается увеличение доли ВИЭ не только для генерации электроэнергии, но и производства тепловой энергии

Достижение указанных целей, а также принятых Казахстаном международных обязательств по достижению углеродной нейтральности, возможно при комплексном подходе, охватывающим как внедрение новых и/или успешно зарекомендовавших себя технологий ВИЭ, так и модернизации действующей инфраструктуры и проектирование новой с учетом возможности использования ВИЭ в качестве основных энергоисточников [7].

Энергия солнца

Ресурсный потенциал солнечной энергии достаточно велик для огромной территории Казахстана. Количество солнечных часов - 2200-3000 в год, и энергия солнечного излучения составляет (общая солнечная инсоляция GHI) около 1175 - 1620 кВт·ч/м² в год.

Географическое расположение Казахстана и связанная с ним относительно высокая солнечная активность и большое количество солнечных часов (2000 - 3000 ч) в году позволяет рассматривать возможность использования гелиоэнергетики в структуре производства и потребления энергии в Казахстане. Карта солнечной инсоляции Казахстана (GHI) приведена на Рис. 1 [8]

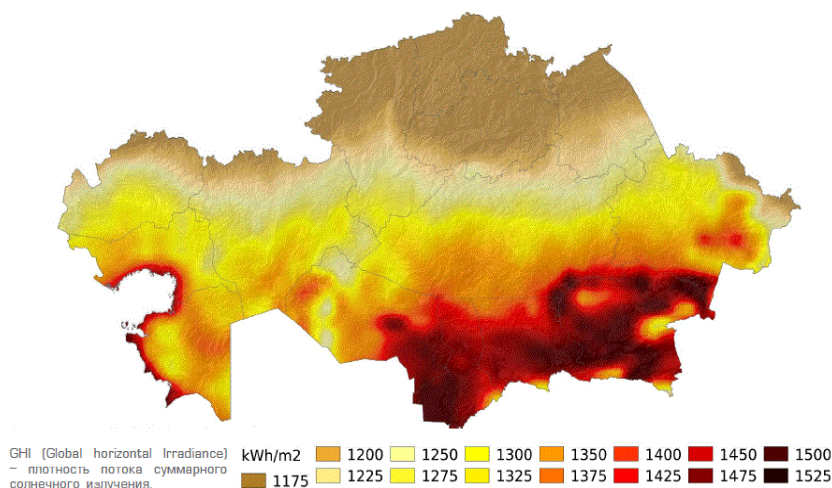


Рис. 1 – Карта солнечной инсоляции Казахстана [8]

В таблице 1 приведены данные, полученные с использованием программного комплекса Meteoporm 7. - месячные значения солнечной инсоляции (GHI) по городам РК.

Таблица 1 - Месячные значения солнечной инсоляции (GHI) по городам Казахстана

Областные центры	За год	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Ноя	Дек.
	кВт*ч/м ²												
Астана	1352	48	81	155	200	250	266	267	230	173	87	60	36
Алматы	1457	81	112	138	201	244	249	264	241	193	136	75	62
Актау	1476	56	98	150	213	269	290	277	246	187	124	66	45
Атырау	1431	49	92	148	209	263	281	270	257	181	117	58	36
Актобе	1311	40	71	121	211	258	270	261	232	164	92	47	30
Караганда	1362	52	91	146	208	246	267	254	235	175	94	55	42
Костанай	1313	42	81	151	198	257	271	261	212	166	82	46	31

Кызылорда	1539	70	109	167	209	264	284	287	253	210	127	80	49
Уральск	1257	32	61	113	205	253	270	255	235	149	87	38	24
Усть-Камен.	1397	52	90	151	193	257	296	272	244	176	91	55	37
Павлодар	1315	40	79	130	210	258	274	259	230	156	81	53	30
Петропавловск	1173	34	75	121	168	242	263	240	210	125	72	36	21
Тараз	1636	73	106	150	215	279	306	322	285	226	139	82	51
Шымкент	1618	72	108	138	206	279	320	317	278	221	139	83	55

Из Табл. 1 видно, что наибольший потенциал использования солнечной энергии на юге Республики (Кызылординская, Туркестанская, Жамбылская и Алматинская области), однако КИУМ (далее – коэффициент использования установленной мощности) СЭС в Казахстане не превысит 20-21%.

Важным преимуществом солнечной энергии является безопасное и независимое энергоснабжение. Благодаря своему географическому положению Казахстан обладает обширными возможностями для использования солнечных панелей с целью генерации электроэнергии и нагрева воды. Технологические инновации и постепенное снижение стоимости оборудования способствуют экономической эффективности таких решений.

Энергия биомассы

Исследование, проведенное ЕБРР, «Биоэнергетический потенциал агропромышленного сектора Казахстана» [12], установило, что в Казахстане имеется значительный потенциал использования сельскохозяйственных отходов для производства энергии. Общий объем доступных сельскохозяйственных отходов составляет 5,1 млн тонн сухого вещества, где наибольшая доля приходится на пшеницу (54%), сахарную свеклу (30%), ячмень (8%) и другие культуры (8%) [12].

Относительно доступных отходов, навоз составляет около 1,5 млн тонн сухого вещества в год, причем доступная часть отходов составляет 17% от общего объема производства отходов. Наибольшая доля навоза доступна в результате жизнедеятельности крупного рогатого скота (74%) и птицы (23%), в то время как жизнедеятельность свиней приводит к очень незначительному объему отходов (3%). Расчеты имеющегося потенциала основаны на количестве крупных ферм и количестве животных [11].

В Казахстане технология переработки сельскохозяйственных отходов находится в начальной стадии. Как потенциальные решения предлагаются следующие варианты: сжигание отходов сельскохозяйственных культур в тепловых котлах, работающих на биомассе; совместное сжигание отходов сельскохозяйственных культур в уже существующих крупных котельных; анаэробная ферментация отходов сельскохозяйственных культур и крупного рогатого скота с преобразованием в биогаз и последующим сжиганием для производства биотепловой энергии.

Однако, несмотря на значительный потенциал использования неиспользованных сельскохозяйственных отходов, полная реализация этого потенциала затруднена из-за ряда технических проблем. Некоторые из этих проблем включают: низкую теплотворную способность отходов, необходимость дополнительных затрат на сбор отходов, различия в типах, объемах и использовании отходов в разных регионах, сложности сбора из-за низкой плотности посевов и требования дополнительной обработки отходов для транспортировки.

В целом, для полного использования потенциала сельскохозяйственных отходов требуются дополнительные инфраструктура и обработка отходов для эффективной транспортировки и использования в энергетических системах.

Геотермальная энергия

Среди возобновляемых источников энергии геотермальная энергия – тепло, образующееся естественным путем в недрах Земли, занимает второе место, уступая лишь солнечной радиации. Считается, что Казахстан обладает значительными геотермальными ресурсами с низкой и средней температурой, главным образом в осадочных бассейнах (см. рисунок 2) [8].

Более 40-летние исследования гидрогеотермальных ресурсов в Казахстане показали, что есть перспективы использования геотермальной энергии. Было пробурено более 100 скважин, которые обнаружили термальные воды с хорошими характеристиками. Наиболее перспективными для добычи термальных вод считаются южные, юго-восточные и западные области Казахстана. Оценивается, что потенциальные запасы воды для Мангышлак-Устюртской системы артезианских бассейнов, Илийского и Сырдарьинского артезианских бассейнов составляют 339 тыс. м³/сут при фонтанной эксплуатации скважин и 6788 тыс. м³/сут при насосной эксплуатации скважин.

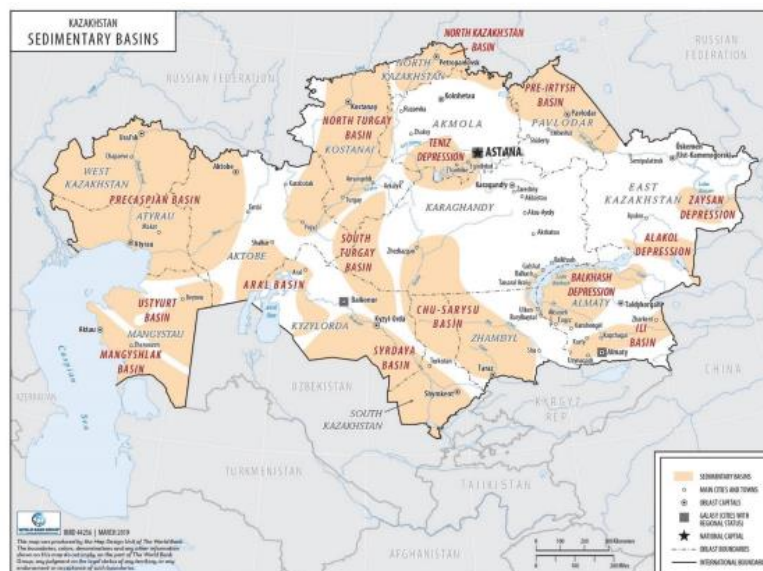


Рис. 2 - Основные глубоководные осадочные бассейны Казахстана

Геотермальные ресурсы Казахстана сравнимы с ресурсами в других странах, таких как Китай, Франция, Германия и Восточная Европа. Реализованные проекты показывают возможность использования теплоты грунта и тепловых насосов для эффективного использования геотермальной энергии. Это может значительно снизить затраты на энергию и негативное влияние на окружающую среду.

Для эффективного использования тепловых насосов необходимо учитывать особенности климатических условий и географического расположения объекта. Например, в регионах с низкими зимними температурами может потребоваться дополнительное оборудование или использование других источников тепла. Также важно правильно подобрать тип теплового насоса и его мощность в зависимости от потребностей объекта.

2. Оценка потенциального использования коммерчески жизнеспособных ресурсов возобновляемой энергии

В рамках проекта ПРООН-ГЭФ «Снижение рисков инвестирования в возобновляемые источники энергии в Казахстане» была проведена оценка потенциального использования коммерчески жизнеспособных ресурсов возобновляемой энергии, выполненной на основании определённого потенциала технологий ВИЭ с учётом направлений использования технологий ВИЭ [19].

Результаты оценки приведены в таблице 2 технологии ВИЭ для теплоснабжения и регионы приведены в порядке, указывающем перспективность использования в данном регионе (по критериям убывания). По каждой технологии ВИЭ указаны 5 областей с наибольшим потенциалом.

Таблица 2 - Таблица оценки потенциального использования коммерчески жизнеспособных ресурсов возобновляемой энергии в различных географических зонах Казахстана, с учетом зональных особенностей каждого ресурса

№	Потенциальное использование ВИЭ	Наименование технологии ВИЭ	Регион
1.	Производство тепла	Солнечные коллектора	Актюбинская область
			Кызылординская область
			Алматинская область
			Мангистауская область
		Геотермальная энергетика (в т.ч. тепловые насосы)	Павлодарская область
			Карагандинская область
			Восточно-Казахстанская область
			Акмолинская область
			Костанайская область
		Биомасса	Алматинская область
			Восточно-Казахстанская область
			Акмолинская область
			Карагандинская область
			Северо-Казахстанская область

Оценка потенциального использования коммерчески жизнеспособных ресурсов возобновляемой энергии в различных географических зонах Казахстана, с учетом зональных особенностей каждого ресурса, выполнена с акцентом на техническую возможность использования ВИЭ. Вместе с тем, следует отметить некоторые технические особенности применения технологий ВИЭ:

- многообразие региональных климатических, тарифных, инфраструктурных и геологических условий, доступных источников ВИЭ и технических решений на базе разных типов ВИЭ требует отдельной проработки каждого проекта;
- имеются ограничения по использованию ВИЭ по климатическим условиям в регионах Казахстана, а геотермальные источники доступны в ограниченном количестве мест;
- отмечается неоднородность потенциала ВИЭ в региональном разрезе, как в плане природных, так и техногенных (тепловые насосы – использование промышленного сбросного тепла) источников.

Согласно данным таблицы 3 - Оценка потенциального использования коммерчески жизнеспособных ресурсов возобновляемой энергии в различных географических зонах Казахстана, с учетом зональных особенностей каждого ресурса, к категории «тепловых» ВИЭ относятся технологии ВИЭ со следующими направлениями использования энергии:

- Энергия солнца (солнечные коллектора);
- Тепловые насосы;
- Энергия биомасс.

Закключение

Преимущества возобновляемых источников энергии, таких как ветер, солнце и геотермальная энергия, включают их доступность и бесконечный энергетический потенциал. Однако их эффективность ограничена физическими и технико-экономическими ограничениями. Возможность использования возобновляемых источников энергии в системах центрального теплоснабжения ограничена в основном низкими тарифами на тепловую энергию.

Потенциал использования возобновляемых источников энергии в жилищном секторе Казахстана значителен, но его реализации мешают экономические, технические и организационные барьеры. Экономические барьеры включают отсутствие финансовых стимулов, высокие затраты и финансовые риски. Технические барьеры включают недостаток обратной связи и данных, а также сложности процесса выдачи разрешений. Природоохранные и законодательные барьеры связаны с необходимостью четких

рекомендаций и гибкости закона. Социокультурные барьеры включают недостаток осведомленности граждан и отсутствие участия заинтересованных сторон.

Для преодоления этих барьеров необходимо увеличить финансовую поддержку, обеспечить доступ к обратной связи и данным, совершенствовать обучение специалистов и вовлечение граждан, а также создать четкие рекомендации и гибкие законодательные нормы. Развитие возобновляемых источников энергии требует создания соответствующей инфраструктуры, стимулирующих мер, доступа к технологиям и поддержки со стороны государственных и общественных органов.

В целом, для развития ВИЭ необходимо создать соответствующую инфраструктуру, установить стимулирующие меры, обеспечить доступ к технологиям и обеспечить поддержку со стороны государства и общества.

Список использованных источников

1. Chien F., Chau K. Y., Sadiq M., Luat Diep G., Kien Tran T., Ha T., & Pham A. (2023). What role renewable energy consumption, renewable electricity, energy use and import play in environmental quality? *Energy Reports*, 10, 2352–4847. <https://doi.org/10.1016/j.egyр.2023.10.024>
2. Global Warming of 1.5 °C –. (n.d.). Retrieved March 1, 2024, from <https://www.ipcc.ch/sr15/>
3. Akbarinejad T., Machlein E., Bertolin C., Lobaccaro G., & Salaj A. T. (2023). Enhancing the deployment of solar energy in Norwegian high-sensitive built environments: challenges and barriers—a scoping review. *Frontiers in Built Environment*, 9, 1285127. <https://doi.org/10.3389/FBUIL.2023.1285127/BIBTEX>
4. Kaya G. N., & Beyhan F. (2021). Integrated design approaches with photovoltaic panel and solar collectors in building envelope. *World Journal of Environmental Research*, 11(2), 49–61. <https://doi.org/10.18844/WJER.V11I2.7232>
5. Wind Energy: Advantages and Disadvantages. (n.d.). Retrieved March 1, 2024, from <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/lloyd2/>
6. Becker W., Christensen D., Cutler D., Maguire J., McCabe K., Reese S., & Speake A. (2021). Technoeconomic Design of a Geothermal-Enabled Cold Climate Zero Energy Community. *Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME*, 143(10). <https://doi.org/10.1115/1.4049456/1093915>
7. Развитие возобновляемых источников энергии. (n.d.). Retrieved March 2, 2024, from <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/press/article/details/47382?lang=ru>
8. Геотермальная энергия – на пути к устойчивому развитию в Казахстане, Январь, 2020, <https://qazaqgreen.com/journal-qazaqgreen/international-experience/865/>
9. ЕБРР «Биоэнергетический потенциал в агропромышленном секторе Казахстана» 2017 <https://www.ebrd.com/sites/Satellite?c=Content&cid=1395284715449&pagename=EBRD%2FContent%2FDownloadDocument>
10. Предварительный обзор геотермальных ресурсов Казахстана, Итоговый отчет 2018 г.
11. «Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре», информационно-методическое издание. – М., 2017.
12. Schleussner, C. F., Ganti, G., Rogelj, J., & Gidden, M. J. (2022). An emission pathway classification reflecting the Paris Agreement climate objectives. *Communications Earth and Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/S43247-022-00467-W>
13. Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в РК с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Алимгазин А.Ш., 2010г.
14. Даирбеков Е. Журнал «QazaqSolar» №4 2020г., статья «Развитие проектов ВИЭ малой мощности»

15. Письмо АО «КазТрансГаз» (АО «НК «QazaqGaz») с данными о регионах Казахстана, в которых магистральный природный газ доступен домохозяйствам, 16 марта 2022.
16. «Обзорный отчёт Отраслевого центра технических компетенций в сфере электроэнергетики на базе АО «КОРЭМ», 2021г.
17. Шалабаев Т. Малая генерация сегодня: мал золотник, да дорог. // Журнал «QazaqSolar». - №4. - 2020.
18. НИР «Возобновляемая энергетика: будущее рядом» по заказу Департамента природопользования и охраны окружающей среды. – М., 2018.
19. Отчет Проекта ПРООН-ГЭФ в РК «Снижение рисков инвестирования в возобновляемые источники энергии» «Анализ возможности внедрения различных технологий возобновляемой энергетики, включая теплоснабжение, охлаждение и горячее водоснабжение (ГВ) в разных географических зонах, с учетом ресурсного потенциала», 2022.