

должен иметь температуру +10 °С. Нагрев воздуха происходит за счет ассимиляции теплопоступлений в тоннель, в том числе от грунта. Для корректного выполнения данной задачи необходимо более подробно изучить процесс теплопереноса из тоннеля в грунт и обратно.

Литература

1. Цодиков, В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов / В. Я. Цодиков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1975. – 568 с.
2. Эткин, С. М. Сооружение подземных выработок проходческими щитами / С. М. Эткин, В. М. Симоненко – М.: Недра, 1980. – 303 с.
3. Цейко, М. Г. Проходка тоннелей механизированными щитом «Алеся» / М. Г. Цейко; науч. рук. В. А. Ходяков // Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений: материалы VII Международной студенческой конференции / редкол.: С. Е. Кравченко (пред.) [и др.]; сост. В. А. Ходяков. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 161–163.
4. Цейко, М. Г. Новые конструкции тоннелей метро. Проходка тоннелей щитовым методом / М. Г. Цейко; науч. рук. В. А. Ходяков // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение: материалы III Международной научно-технической конференции: материалы Международной научно-технической конференции / сост.: С. Н. Соболевская, Е. М. Жуковский. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 301–305.
5. СП 2.04.01-2020 Строительная теплотехника – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2021. – 76 с.

УДК: 502.174

Экологические предпосылки диверсификации энергии для городов Таджикистана

Шарипова Н. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье рассмотрены актуальные экологические предпосылки диверсификации системы энергоснабжения городов Таджикистана, как важнейшей задачи обеспечения энергетической безопасности страны в контексте национальных программ правительства Республики Таджикистан. Использование экологически возобновляемых источников энергии, диверсификация и локализация систем энергоснабжения путем внедрения «зеленой энергетики» и реализации концепции «зеленый» город представляется лучшим подходом к формированию энергетических систем будущего.

После промышленной революции мировое потребление энергии резко возросло, фактически в геометрической прогрессии, и эта тенденция роста потребления энергии ускоряется внутренними и внешними факторами, включая улучшение качества жизни, индустриализацией развивающихся стран и ростом численности населения, особенно в городах [1, с. 48]. На сегодняшний день более 50% населения мира проживает в городах, и ожидается, что к 2050 году эта цифра может вырасти до 70%. Эту тенденцию можно во многом объяснить экономическими и социальными причинами, поскольку города предлагают своим гражданам новые возможности для жизни, образования, безопасности. Однако поддержка этой деятельности требует значительных дополнительных ресурсов, что приводит как к локальному, так и к глобальному загрязнению окружающей среды. Современные города являются местами концентрации населения, производства и транспорта, они потребляют более 75% энергии, 60% запасов воды на планете. Несмотря на то, что города занимают менее 3% поверхности Земли, они причина 60% эмиссий парниковых газов [2].

Мировое сообщество сталкивается с серьезным энергетическим кризисом, особенно после 2021 года, из-за постпандемического восстановления экономики и сокращения производства возобновляемой энергии, вызванного климатом. Это привело к огромному давлению на мировой энергетический рынок, справиться с которым ученые предлагают при помощи новых технологических инноваций, служащих эффективным средством смягчения как энергетического, так и экологического давления. Многие страны, столкнувшись с риском и неопределенностью, присущими социальному и экономическому развитию, приняли стратегию диверсификации энергоснабжения в своей политике энергетической безопасности, чтобы контролировать риски и затраты на импорт энергии, чтобы гарантировать возможность получения достаточного количества энергии по доступному уровню цен. Диверсификация помогает энергетической системе реагировать на внешние изменения и потрясения, а также может снизить уязвимость одного источника энергии перед непредвиденными ситуациями.

Фактически, каждая энергетическая система, включая возобновляемые источники энергии и альтернативные виды топлива, оказывает свое уникальное негативное воздействие на окружающую среду. Доминирование одной энергетической системы неизбежно приводит к чрезмерной нагрузке и, в конечном итоге, к ослаблению определенного аспекта окружающей среды и может вызвать экологические проблемы, необратимый ущерб или даже катастрофу, если оказывать избыточные нагрузки слишком долго. Это неизбежно создает риск для окружающей среды и здоровья людей. Именно так обстоит дело с современными энергетическими системами в республике Таджикистан, основанными на ископаемом топливе. По-

настоящему устойчивое развитие в малых и больших городах Таджикистана может быть достигнуто за счет диверсификации и локализации энергетических источников и систем, тогда неблагоприятное воздействие каждой энергетической системы достаточно мало и находится в пределах допустимого воздействия на окружающую среду. Диверсификация и локализация энергии также обеспечат энергетическую безопасность страны, что является очень важным в нынешних реалиях.

Проведенный анализ литературных источников [3, с. 1145–1178; 4; 5; 6, с. 1114–1123; 7] выявил то, что энергетическая безопасность является часто обсуждаемым, но редко разрабатываемым компонентом экологической безопасности и устойчивости общества. Ее важность возросла благодаря исследованиям, но остаются вопросы относительно того, что именно представляет собой энергетическая безопасность на уровне региона по сравнению с глобальной и национальной безопасностью. В целом энергетическая безопасность воспринимается через многоступенчатую призму сокращения выбросов, снижения зависимости от ископаемых источников, диверсификации поставок энергии, обеспечения безопасности энергетических маршрутов, строительства резервуаров для сжиженного газа, модернизации линий электропередачи, а также экономического анализа улучшений городской инфраструктуры, которые приводят к снижению потребления энергии. Примером может служить использование интеллектуальной системы уличного освещения на светодиодах (LED) [8].

Диверсификация энергии является важнейшим средством обеспечения безопасности энергоснабжения. Увеличивая энергетическое разнообразие, энергия, полученная из чистых природных источников, способствует безопасности энергоснабжения [9, с. 733–741; 10, с. 1375–1387; 11]. Если одна энергетическая система будет доминировать в течение длительного периода времени, в данном случае это крупные и малые ГЭС на территории Таджикистана, это неизбежно создаст чрезмерную нагрузку на окружающую среду и ослабит ее, как это происходит в настоящее время. Если это происходит часто, это может привести к усталости окружающей среды, сбоям или даже катастрофе, которая может представлять риск не только для поставок, но также для здоровья человека и окружающей среды.

В отчете министерства энергетики и водных ресурсов республики Таджикистан указано: в целях освоения и использования возобновляемых источников энергии на территории Республики Таджикистан и повышения энергообеспечения населения отдаленных и высокогорных районов, повышение экономической и энергетической эффективности вводимых в работу малых электростанций и создание условий по оперативному обслуживанию существующих малых электростанций, их ремонту, а также возможному производству оборудования для ГЭС в Таджикистане, Прави-

тельством Республики Таджикистан принято Постановление № 795 от 30 декабря 2015 года [12] о «Программе освоения возобновляемых источников энергии и строительства малых гидроэлектростанций на 2016-2020 годы». Согласно этой Программе, к 2020 году были построены 64 малых ГЭС общей установленной мощностью от 5 до 10000 кВт.

В Национальной стратегии развития Таджикистана до 2030 года в энергетической части определены основные индикаторы – **10/10/10/10-500**, что обозначает увеличения установленной мощности генерации до 10 ГВт, снижение технических и коммерческих потерь в сетях до 10%, увеличение экспорта электроэнергии до 10 млрд. кВт. час в год, диверсификация источников энергии на 10% и дополнительное получение более 500 млн. кВт. час в год за счет возобновляемых источников энергии и применения энергоэффективных технологий [13].

Таджикистан обладает огромными запасами гидроэнергетических ресурсов, которые оцениваются в 527 млрд. кВт.ч. в год [13]. Сегодня около 90% электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях. Тем не менее, правительство Республики Таджикистан работает над последующими планами развития энергетики в стране. Программы предусматривают увеличение к 2030 году доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем энергобалансе страны до 11 %. Из них 5 % будет составлять солнечная, 3% ветреная и 2,8 % иные возобновляемые источники. Эта задача уже потихоньку реализуется. В прошлом году в Хатлонской области была введена в строй первая фотоэлектрическая станция. В Нурабаде уже началось строительство первого ветрогенератора. Параллельно реализуются проекты по развитию гидроэнергетики, соответственно.

Таджикистан на сегодняшний день делает большие ставки на «зеленую энергетику». В данный правительственный сектор вложена немалая доля иностранных инвестиций [14]. Можно ожидать, что в дальнейшем возобновляемые источники энергии станут ключевым элементом энергосистемы страны. Это один из приоритетов политики диверсификации энергии. Однако, нельзя ограничиваться лишь «зеленой энергетикой». Поэтому на повестку поставлен вопрос эффективного использования других источников электроэнергии для удовлетворения нужд населения. соответственно, Республика Таджикистан не может полностью отказаться от гидроэлектрических (ГЭС) и тепловых электростанций (ТЭС). Сейчас они вырабатывают почти 97 % энергии в стране. К 2030 году планируется снизить этот показатель до 85 %. Тем не менее, в некоторых районах строятся новые гидроэлектрические и тепловые электростанции. Потому что в этом есть необходимость. Например, в прошлом году в Айнийском районе была введена в эксплуатацию «ГЭС Айни». ГЭС удовлетворяет потребность сотни домохозяйств и предприятий.

В 2018 году было проведено исследование [15] в трех областях республики. Тогда население и предприниматели жаловались на постоянные отключения электроэнергии. Это было проблемой номер один для них. Зимой во многих районах электричество подавалось не более чем на 6-8 часов в сутки. Осенью 2022 года был проведен повторный опрос. На сей раз население почти не упоминали об отключениях электричества. И это благодаря строительству большого количества крупных и малых электростанций. По данным Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, в скором планируется построить еще две крупные ГЭС в Шурабе (850 МВт) и Санабаде (200МВт). Эти инвестиционные проекты безусловно будут способствовать сокращению энергодефицита в стране.

Таким образом, в Таджикистане ведется последовательная работа по созданию, обновлению и развитию как традиционной (тепловые и гидроэлектростанции), так и альтернативной (солнечной, ветровой) электроэнергии [15]. Но реальные меры для перехода на альтернативные источники энергии предпринимаются только сейчас. Тем не менее Таджикистан стремительно идет по пути «озеленения» энергетики, т.к. разного уровня экологические проблемы, природно-климатические условия не оставляют нам другого выбора. Стремление Таджикистана к «зеленому росту» во благо будущих поколений вызывает стремление всевозможными тенденциями способствовать этому. Однако «зеленые технологии» стоят немалых денег. Достижение углеродной нейтральности и резкое сокращение количества токсичных выбросов в атмосферу обойдется Таджикистану в большие суммы инвестиций и внешних заимствований. Несмотря на это Таджикистан намерен к 2050 году довести долю возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе до 70 %.

Концепция энергоэффективного, «зеленого» города в условиях Таджикистана опирается на такие характеристики как: высокое качество экологических активов (воздух, вода, земля/почва, биоразнообразие), эффективное использование ресурсов (вода, энергия, земля и материалы), смягчение рисков и адаптация к угрозам, связанным с изменением климата [16, с. 93–100]. В «зеленом» городе углеродная нейтральность достигается за счет снижения использования горючего топлива, повышения энергоэффективности, сокращения количества отходов, а также реализации мер по поглощению углеродных выбросов. В этом плане диверсификация и локализация энергетических систем, как например, в финском городе Вуорес (Vuores) (рис.) являются лучшим подходом к формированию энергетических систем будущего. Данный экологически совместимый подход позволит обеспечить устойчивое развитие, а также энергетическую безопасность в республике Таджикистан, способствуя достижению энергетических целей правительства.



Рис. Пример диверсификации системы энергоснабжения в жилом районе Koukkuranta (530 жилых единиц) в г. Vuores, Финляндия

Литература

1. Зорина, Т. Г. Формирование стратегии устойчивого энергетического развития / Т. Г. Зорина. – Минск: Мисанта, 2016. – 332 с.
2. Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities [Электронный ресурс]. – OECD Publishing, Paris, 2018. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264189881-en>. – Дата доступа: 08.04.2024.
3. Zafar, M. W. From nonrenewable to renewable energy and its impact on economic growth: the role of research & development expenditures in Asia-Pacific Economic Cooperation countries / M. W. Zafar, M. Shahbaz, // Journal of Cleaner Production. – 2021. Vol. 350. – P. 1145–1178.
4. The International Energy Agency. Energy Security Refers to the Uninterrupted Availability of Energy Sources at an Affordable Price [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iea.org/topics/energysecurity/>. – Дата доступа: 08.04.2024.
5. Boyle, R. Global trends in renewable energy investment [Электронный ресурс] / R. Boyle // Bloomberg New Energy Finance – 2019. – Режим доступа: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29752/GTR2019.pdf>. – Дата доступа: 08.04.2024.
6. Gorb, O. Strengthening competitiveness of the national economy enhancing energy efficiency and diversifying energy supply sources / O. Gorb // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2021. – № 11 (5). – P. 1114–1123.

7. The Organization of the Petroleum Exporting Countries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/23.htm. – Дата доступа: 08.04.2024.
8. Renewable energy – powering a safer future [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>. – Дата доступа: 08.04.2024.
9. Bhattacharya, M. The effect of renewable energy consumption on economic growth / M. Bhattacharya, S. R. Paramati, N. Apergis, M. Ummalla // *Appl. Energy*. – 162 (2016). – P. 733–741.
10. Paramati, S. R. Dynamics of renewable energy consumption and economic activities across the agriculture, industry, and service sectors: evidence in the perspective of sustainable development / S. R. Paramati, N. Apergis, M. Ummalla // *Environ. Sci. Pollut. Res.* – 25 (2) (2018). – P. 1375–1387.
11. Apergis, N. Renewable energy consumption and growth in Eurasia / N. Apergis, J. E. Payne // *Energy Econ.* – 2010. – Vol. 32, № 6. – P. 1392–1397.
12. Программа освоения возобновляемых источников энергии и строительства малых гидроэлектростанций на 2016-2020 годы [Электронный ресурс]. Постановление № 795 от 30 декабря 2015 года // Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. – Режим доступа: <https://www.mewr.tj/>. – Дата доступа: 08.04.2024.
13. Национальная стратегия развития республики Таджикистан на период до 2030 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mewr.tj/wp-content/uploads/files/National_Development_Strategy-2030.pdf. – Дата доступа: 08.04.2024.
14. Обзор энергетического сектора Таджикистана в 2022 году [Электронный ресурс] // *International Energy Agency*. – Режим доступа: https://read.oecd-ilibrary.org/energy/tajikistan-2022_13412889.htm. – Дата доступа: 24.05.2024.
15. Генеральный план развития энергетического сектора – заключительный отчет. Региональный проект по передаче электроэнергии – Улучшение операционной деятельности сектора. Грант АБР №: 0213-TAJ от февраля 2017 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mewr.tj/wp-content/uploads/files/Plan_razv_enrgo_tom1.pdf. – Дата доступа: 08.04.2024.
16. Сысоева, В. А. Подходы к проектированию и нормативному регулированию зеленых городов / В. А. Сысоева // *Архитектура: сборник научных трудов*. – 2019. – Вып. 12. – С. 93–100.