

УДК 338.45:620.9(476)

DOI 10.52928/2070-1632-2022-60-5-51-56

ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА СТРУКТУРУ МИРОВОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

канд. техн. наук, доц. **Е.М. КАРПЕНКО, ЮАНЬ ХУНХАО**
(Белорусский государственный университет, Минск)

Альтернативная энергетика является стратегическим будущим человечества из-за неизбежного удорожания и истощения природных ресурсов, а в долгосрочной перспективе – и ядерных материалов для функционирования атомной энергетике. Каждое исследование в области развития возобновляемых источников энергии представляет собой подход к более эффективному использованию возобновляемых источников энергии. Многие страны ставят перед собой задачи расширенного кластерного внедрения возобновляемых источников энергии. Почетное место занимают западноевропейские страны.

На примере ЕС изучены действия по интеграции возобновляемых источников энергии в действующую энергосистему, гарантирующие, что доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии достигнет 12% к 2022 г. Таким образом, в ближайшие годы возобновляемые источники энергии смогут изменить топливно-энергетический баланс, как отдельных стран, так и мирового сообщества в целом.

Ключевые слова: альтернативная энергетика; возобновляемые источники энергии; топливно-энергетический баланс; потребление энергии; региональное энергопотребление; мировое энергопотребление.

Введение. В последнее время в мировой энергетике произошли кардинальные изменения. Мировое потребление энергии растет, и, хотя традиционные производства становятся все более энергоэффективными, рост населения планеты и появление новых сервисов приводит к увеличению общего энергопотребления. Так, в 2015 г. мировое энергопотребление составило 20,76 трлн. кВт·ч, по данным Международного энергетического агентства, прогноз на 2030 г. – 33,4 трлн. кВт·ч, а к 2050 г. – до 41,3 трлн. кВт·ч¹. Миру нужно больше энергии, но в то же время, меньше затрат на её получение. Чтобы обеспечить растущие глобальные запросы, энергетике нужны качественные изменения.

Что касается структуры энергопотребления, альтернативные источники энергии оказывают некоторое влияние и вносят коррективы в изменение структуры потребления энергоресурсов. Доля возобновляемых источников энергии (включая гидроэнергию) в глобальной системе производства электроэнергии стремительно начала расти с конца 2000-х годов, достигнув 28% в 2021 г.² Прежде чем перейти к анализу влияния альтернативных источников на структуру энергопотребления, на наш взгляд, необходимо кратко остановиться на самом понятии альтернативных или возобновляемых источников энергии.

Возобновляемые источники энергии. Как правило, энергетические ресурсы классифицируются как ископаемые ресурсы, возобновляемые источники энергии и ядерные энергетические ресурсы. Термин «возобновляемые источники энергии» означает энергию, получаемую из широкого спектра ресурсов, которые основаны на самообновляющихся источниках энергии, таких как солнечный свет, ветер, вода, внутреннее тепло земли, биомасса, сельскохозяйственные и промышленные отходы [6, с. 293]. Эти ресурсы могут быть использованы для производства электроэнергии для всех секторов экономики. Каждая технология возобновляемых источников энергии находится на разной стадии разработки и коммерциализации [3, с. 35].

В отличие от ископаемого топлива, возобновляемые источники энергии практически не ограничены в геологическом масштабе времени и являются безуглеродными решениями для обеспечения энергоснабжения (таблица 1).

Таблица 1. – Годовой потенциал возобновляемых ресурсов

Вид возобновляемого ресурса	Годовой потенциал, кВт·ч
Энергия солнца	700×10^{15}
Биомасса	$4,5 \times 10^{15}$
Энергия ветра	360×10^{15}
Геотермальное тепло	300×10^{12}
Энергия волн	25×10^{12}

Источник: [3, с. 8].

Вторым аспектом, отличающим возобновляемые ресурсы от ископаемого топлива, является количество выбросов парниковых газов в атмосферу, особенно углекислого газа. В случае биомассы топливный цикл считается нейтральным. Что касается других ресурсов, то они либо используются напрямую, либо преобразуются

¹ URL: <https://www.ica.org/reports/world-energy-outlook-2021>.

² URL: <https://www.ica.org/reports/renewables-2020>.

с использованием систем, которые не являются источниками излучения, кроме тех, которые косвенно высвобождаются при производстве, транспортировке и т.д. Наряду с истощением запасов полезных ископаемых, невозобновляемая энергетика имеет и отрицательные экологические последствия (таблица 2), уровень выбросов ископаемых ресурсов выше в 10–20 раз.

Таблица 2. – Выбросы CO₂ при производстве ископаемой и возобновляемой энергии³

Вид системы	Производство электроэнергии	Выбросы CO ₂ (гр. CO ₂ / кВт·ч)
Невозобновляемые	Ядерная энергетика	24,2
	Природный газ	518,8
	Нефть	742
	Уголь	975
Возобновляемые	Гидроэнергетика	11,3
	Геотермальная	15
	Ветроэнергетика	29,5
	Фотоэлектричество	53,4

Возможности и ограничения использования альтернативных источников энергии. Одним из важных факторов оценки выработки электроэнергии из возобновляемых источников является их доступность, однако важны и ограничения в их применении. Так, например, тепловую энергию солнца можно получать только в дневное время, за исключением пасмурного сезона. Для ветряной турбины скорость не должна превышать 25 м/с; в противном случае турбина будет повреждена. Кроме того, низкой скорости ветра, то есть менее 3 м/с, будет недостаточно для выработки электроэнергии. Геотермальная энергия обладает хорошей способностью вырабатывать энергию в течение всего дня в течение 24 ч, но географически ограничена [1, с. 208]. Существенно различается и эффективность выработки электроэнергии из различных источников (таблица 3).

Таблица 3. – Эффективность выработки электроэнергии

Технология	Эффективность, %
Фотоэлектрическая	4–22
Ветроэнергетика	24–54
Гидроэлектроэнергия	более 90
Геотермальная	10–20
Уголь	32–45
Природный газ	45–53

Источник: [4, с. 182].

Структура мирового энергопотребления. Несмотря на то, что в обозримом будущем мировой спрос на доступные и надежные источники энергоресурсов будет по-прежнему расти, в мире обозначилась тенденция перехода ряда стран на энергосистемы с низким содержанием углерода. Вполне вероятно, что вскоре предстоит стать свидетелями пика спроса на нефть и газ, при этом доля ископаемого топлива в общем объеме энергоресурсов будет сокращаться. Однако в настоящее время, если оценивать мировую энергетику в целом, можно сказать, что мир всё ещё очень сильно зависит от ископаемых источников энергии. Так, ископаемые виды топлива, такие как уголь и природный газ, доминируют в энергоснабжении для производства электроэнергии, а также в транспортных системах, на которые приходится около трех четвертей всех антропогенных выбросов CO₂ [7, с. 11]. Хотя возобновляемые источники энергии, особенно в форме солнечной и ветровой электроэнергии, растут относительно быстрыми темпами, их доля в общем объеме поставок по-прежнему невелика (рисунок 1).

Так, нефть остается доминирующим видом топлива в Африке, Европе, Северной и Южной Америке, в то время как природный газ доминирует в СНГ и на Ближнем Востоке, на долю которого приходится более половины энергетического баланса в обоих регионах. Уголь является доминирующим видом топлива в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В 2020 г. доля угля в первичной энергии упала до самого низкого уровня в Северной Америке и Европе – до 12% и 9%, соответственно.

На сегодняшний момент, нефть традиционно занимает наибольшую долю в энергопотреблении (31,2%). Уголь является вторым по величине видом топлива в 2020 г., на его долю приходится 27,2% от общего объема потребления первичной энергии, что немного больше, чем 27,1% в предыдущем году. Доля как природного газа, так и возобновляемых источников энергии выросла до рекордно высоких значений в 28% и 5,7%, соответственно. Возобновляемые источники энергии в настоящее время обогнали ядерные, которые составляют всего 4,3% энергетического баланса. Доля гидроэнергетики в производстве энергии увеличилась на 0,4 процентных пункта в прошлом году – до 6,9%⁴.

³ URL: <https://ourworldindata.org/energy-mix>.

⁴ URL: https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/6619.htm.

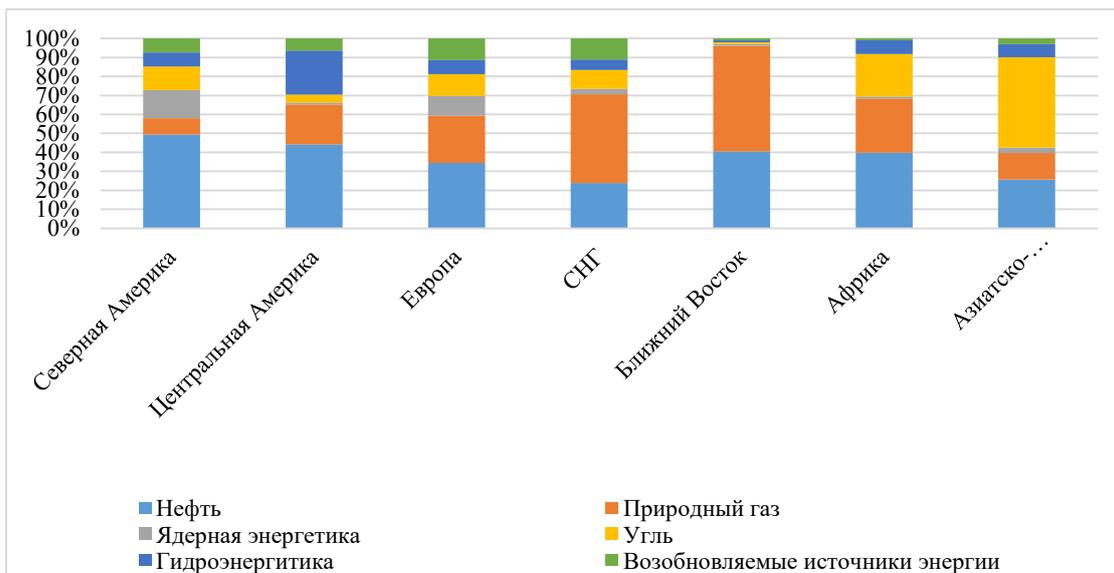


Рисунок 1. – Структура регионального потребления, 2020 г. ⁵

Доля возобновляемых источников энергии в современной структуре энергопотребления. В 2021 г. доля возобновляемых источников составила 28% в структуре мирового энергопотребления (рисунок 2). Использование солнечной фотоэлектрической энергии увеличивалось относительно всех остальных в 2020 г. Однако сохраняется неопределенность в отношении роста мощностей в 2022 г., особенно для распределенных солнечных фотоэлектрических систем. В прошлом году пятая часть всех возобновляемых мощностей, развернутых в мире, состояла в собственности частных лиц и обслуживала малые и средние предприятия. В настоящее время установка распределенных солнечных фотоэлектрических систем прекратилась или резко замедлилась во многих странах⁶.

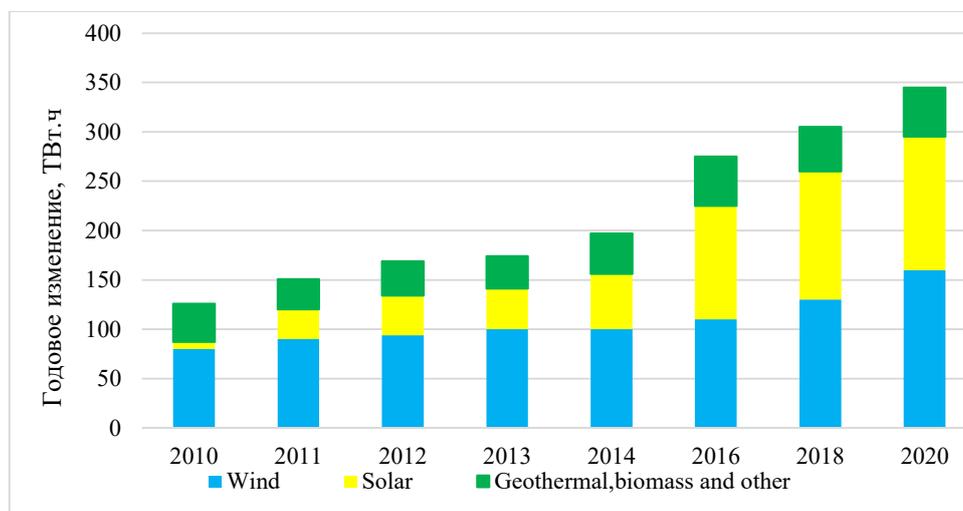


Рисунок 2. – Динамика увеличения использования возобновляемой электроэнергии ⁷

Эксперты говорят о том, что производство электроэнергии для биоэнергетики замедлится, поскольку ожидаются перебои в цепочке поставок и логистические проблемы при доставке твердого биотоплива на крупномасштабные электростанции. Например, крупные биоэнергетические электростанции в Европе используют в качестве топлива древесные гранулы, которые в основном поступают из Северной Америки. Давление на уровни потребления биотоплива сохранится, поскольку ожидается, что в 2022 г. транспортная активность в США, европейских странах и многих других странах не восстановится. Если пандемия будет взята под контроль, спрос на транспорт может восстановиться во второй половине года, что позволит частично восстановить производство биотоплива. Тем не менее, потребление биотоплива в течение года, скорее всего, будет существенно ниже, чем в 2021 г.⁸

⁵URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>.

⁶ URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>.

⁷ URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>.

⁸ URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>.

Энергия ветра является быстрорастущим возобновляемым источником энергии во всем мире со средним темпом роста 30%. Несмотря на огромные сбои, связанные с глобальной пандемией и падением ВВП, в 2021 г. мощность ветра и солнечной энергии увеличилась на 238 ГВт – на 50% больше, чем когда-либо в истории.

Прогнозы в отношении перспектив альтернативной энергетики. Анализ научной литературы показал, что инструментом для анализа будущего развития энергетики, изучения уязвимостей и поиска надежных стратегий являются энергетические сценарии. Сценарии могут отличаться географическим охватом (для конкретной страны, регионального, глобального), отраслевым охватом (отраслевой, ориентированный на энергетическую систему, ориентированный на экономику в целом), временным горизонтом (краткосрочный, среднесрочный, долгосрочный) и их основой (на основе моделей, на основе экспертов, с использованием ряда аналитических инструментов). Сценарии также различаются заявленной целью их разработки. Некоторые сценарии разрабатываются для оценки «наиболее вероятной» траектории развития энергетики, в то время как другие предоставляют так называемый «эталонный пример» с оговоркой, что разработанные прогнозы не подразумевают, что они «вероятны или желательны»⁹. Есть сценарии, которые описывают траектории, необходимые для достижения энергетической системой определенной цели, такой как достижение определенного уровня выбросов CO₂ в атмосферу [6], в то время как в некоторых других сценариях рассматривается текущее развитие политики, чтобы подчеркнуть, что текущая траектория приводит к определенным нежелательным результатам, требующим исправления с помощью будущей политики [2, с. 44].

Сценарии разрабатываются широким кругом государственных, правительственных учреждений, академических исследователей и частных компаний. Некоторые энергетические сценарии периодически обновляются (обычно ежегодно), в то время как другие прогнозы составляются на основе разовой публикации. Определенные группы также создают отдельные отчеты (IPCC, SRES или Shell), которые качественно описывают мировое развитие потребления энергии в дополнение к данным сценария.

Одним из наиболее авторитетных источников энергетических прогнозов считается ежегодный Обзор мировой энергетики (ВЭО) Международного энергетического агентства, в котором дается прогноз тенденций спроса и предложения энергии и того, что они означают для энергетической безопасности, охраны окружающей среды и экономического развития¹⁰. Так, согласно Ежегодному прогнозу Управления энергетической информации по энергетике 2021 г., ожидается, что сокращение затрат и устойчивая поддержка политики приведут к значительному росту возобновляемых источников энергии после 2022 г. Несмотря на проблемы, возникшие в результате кризиса Covid-19, основы расширения использования возобновляемых источников энергии не изменились. Солнечные фотоэлектрические и береговые ветровые установки уже сегодня являются наиболее дешевыми способами добавления новых электростанций в большинстве стран. В странах, где имеются хорошие ресурсы и достаточное финансирование, ветряные и солнечные фотоэлектрические установки бросают вызов существующим на ископаемом топливе. Солнечные проекты в настоящее время предлагают одни из самых дешевых видов электроэнергии. В целом, на долю возобновляемых источников энергии будет приходиться 95% чистого прироста мировых энергетических мощностей до 2025 г., отмечает агентство¹¹.

Прогнозируется, что общая установленная мощность ветровых и солнечных фотоэлектрических установок в 2023 г. превысит мощность природного газа, а в 2024 г. – угля. Только на солнечную фотоэлектрическую энергию будет приходиться 60% всех добавленных мощностей возобновляемых источников энергии до 2025 г., и 30% – на ветряную энергетику. В связи с дальнейшим снижением затрат ожидается рост ежегодных приростов оффшорной ветроэнергетики, что составит одну пятую от общего годового объема рынка ветроэнергетики в 2025 г. В докладе отмечается, что быстрый рост возобновляемых источников энергии во всем мире требует пристального внимания политиков, чтобы обеспечить надежную и экономически эффективную интеграцию в системы электроснабжения (рисунок 3).

Несмотря на то, что ископаемые источники энергии являются доминирующими в мировой структуре потребления, в таких аналитических докладах, как Ежегодный энергетический прогноз IAE на 2021 г.¹², Статистический обзор мировой энергетики 2021 г.¹³, Прогноз ОПЕК мировой добычи нефти на 2022 г.¹⁴, отмечается, что возобновляемые источники энергии обгонят уголь и станут крупнейшим источником производства электроэнергии в мире уже к 2025 г. Ожидается, что к тому времени они будут поставлять треть мировой электроэнергии. Гидроэнергетика будет по-прежнему обеспечивать почти половину мировой возобновляемой электроэнергии. На сегодняшний день это крупнейший источник возобновляемой электроэнергии в мире, за которым следуют ветровые и солнечные фотоэлектрические батареи. Продолжающееся снижение стоимости возобновляемых источников энергии меняет ландшафт инвесторов и роль политики. Доля роста возобновляемых источников энергии повысится с 5% до более чем 15% к 2025 г. В то время как политика и нормативно-правовая база остаются важ-

⁹ URL: <https://www.ica.org/reports/renewables-2020>.

¹⁰ URL: <https://www.ica.org/reports/world-energy-outlook-2021>.

¹¹ Там же.

¹² Там же.

¹³ URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>.

¹⁴ URL: https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/6619.htm.

ными для обеспечения долгосрочной стабильности доходов, конкуренция будет продолжать снижать контрактные цены. По прогнозам, аукционы и схемы зеленых сертификатов охватят 60% расширения возобновляемых мощностей во всем мире в течение следующих пяти лет. Ожидается, что инвестиции крупных нефтегазовых компаний в новые мощности по производству возобновляемой электроэнергии увеличатся в десять раз в 2020-25 гг.¹⁵. Вместе с тем, прогноз по мировому росту спроса на нефть в 2021 г. не меняется после предыдущего прогноза – 5,7 млн баррелей в сутки. Прогноз по мировому росту спроса на нефть в 2022 г. также остается неизменным – на уровне 4,2 млн баррелей в сутки¹⁶.

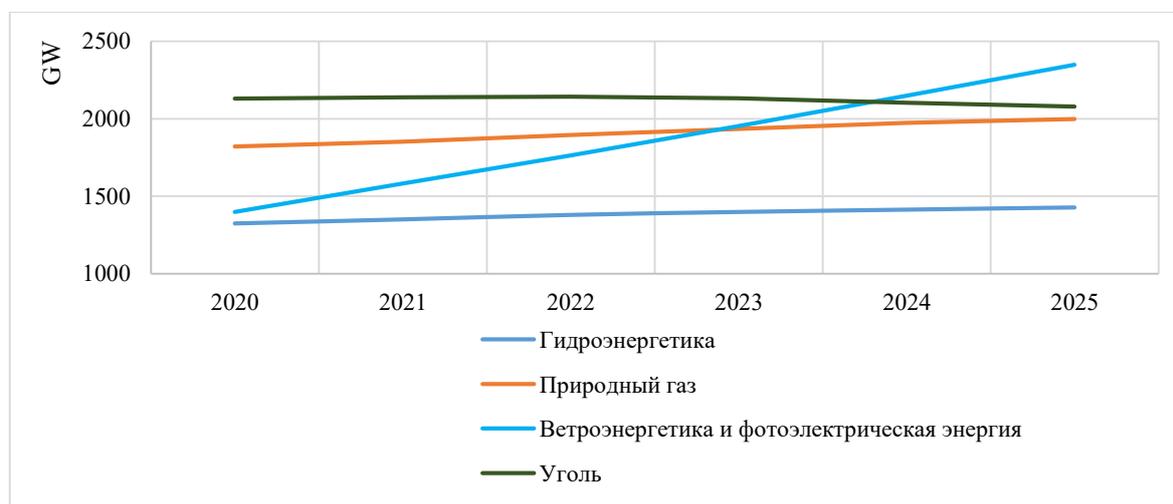


Рисунок 3. – Прогноз увеличения установленной мощности по видам топлива и технологиям¹⁷

Заключение. Анализируя тенденции развития глобальных энергетических технологий и меры, принимаемые крупными державами для продвижения инноваций в области энергетики и техники, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, инновации в области энергетических технологий вступили в очень активный период, а новые энергетические технологии ускоряют интеграцию, что окажет значительное влияние на мировую структуру энергопотребления.

Во-вторых, зеленые и низкоуглеродистые являются основными направлениями инноваций в области энергетических технологий, уделяя особое внимание таким ключевым областям, как чистое и эффективное использование традиционной ископаемой энергии, крупномасштабное развитие и использование новой энергии, безопасное использование ядерной энергии, энергетический интернет и крупномасштабное хранение энергии, а также современное энергетическое оборудование.

В-третьих, крупные страны мира рассматривают энергетические технологии как прорыв в новом раунде научно-технической революции и промышленной революции, разрабатывают различные стратегии и меры по захвату командных высот развития, повышению национальной конкурентоспособности и поддержанию лидирующих позиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barbir, F. Transition to renewable energy systems with hydrogen as an energy carrier / F. Barbir // Energy. – 2009. – Vol. 3. – P. 308–312.
2. Clarke, L. Assessing Transformation Pathways, in Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / L. Clarke. – Cambridge : Cambridge University Press, 2014. – 173 p.
3. Cross, B. The World directory of renewable energy / B. Cross. – Suppliers and services, 1995. – 142 p.
4. Evans, A. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies / A. Evans // Renewable and sustainable energy reviews. – 2009. – Vol. 13. – P. 182–188.
5. IEA. Energy and Climate Change: World Energy Outlook Special Report. – Paris : International Energy Agency, 2015. – 117 p.
6. Omri, A. Robust analysis of the relationship between renewable energy consumption and its main drivers / A. Omri // Applied Economics. – 2015. – Vol. 47. – P. 291–293.
7. Pearce, W. Climate change on Twitter: Topics, communities and conversations about the 2013 IPCC Working Group 1 report / W. Pearce // PloS one. – 2014. – Vol. 9. – №. 4. – P. 11–17.

¹⁵ URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html>.

¹⁶ URL: https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/6619.htm.

¹⁷ URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>.

REFERENCES

1. Barbir, F. (2009). Transition to renewable energy systems with hydrogen as an energy carrier. *Energy*, (3), 308–312.
DOI: 10.1016/j.energy.2008.07.007
2. Clarke, L. (2014). *Assessing Transformation Pathways, in Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Cross, B. (1995). *The World directory of renewable energy*. London: Suppliers and services.
4. Evans, A. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, (13), 182–188.
DOI:10.1016/j.rser.2008.03.008
5. IEA. *Energy and Climate Change: World Energy Outlook Special Report*. Paris: International Energy Agency, 2015.
6. Omri, A. (2015). Robust analysis of the relationship between renewable energy consumption and its main drivers. *Applied Economics*, (47), 291–293.
DOI: 10.1080/00036846.2015.1011312
7. Pearce, W. (2014). Climate change on Twitter: Topics, communities and conversations about the 2013 IPCC Working Group 1 report. *PloS one*, 9 (4), 11-17.
DOI: 10.1371/journal.pone.0094785

Поступила 20.02.2022

**THE IMPACT OF ALTERNATIVE ENERGY
ON THE WORLD'S ENERGY MIX OF GLOBAL ENERGY CONSUMPTION**

E. KARPENKA, YUAN HONGHAO

Alternative energy is a strategic future for humanity because of the inevitable rise in cost and depletion of natural resources and, in the long term, nuclear materials for nuclear power operations. Every study in renewable energy development is an approach to make better use of renewable energy sources. Many countries have set targets for increased renewable energy clustering. Western European countries occupy an honourable place.

The EU case study examines actions to integrate renewables into the current energy system, ensuring that the share of renewables in electricity generation reaches 12% by 2022. Renewables could thus change the fuel and energy mix, both of individual countries and of the global community as a whole, in the coming years.

Keywords: *alternative energy; renewable energy; fuel and energy balance; energy consumption; regional energy consumption; global energy consumption.*