

**РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
КАК НАПРАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ  
И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**  
**DEVELOPMENT OF RENEWABLE AND NUCLEAR ENERGY PRODUCTION  
AS A DIRECTION FOR GREENHOUSE GAS EMISSIONS REDUCTION  
AND ENVIRONMENTAL SAFETY ENSURING**

**О. А. Любчик, Г. В. Бельская, Н. Г. Малькевич**  
**V. Liubchik, H. Belskaya, N. Malkevich**

*Белорусский национальный технический университет, БНТУ*  
*г. Минск, Республика Беларусь*  
*olga.liubchik@yandex.ru, gbelskaja@mail.ru*  
*Belarusian National Technical University, BNTU*  
*Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматривается вклад энергетического сектора в выбросы парниковых газов и возможности сокращения данных выбросов за счет использования возобновляемой и ядерной энергетики. Определена доля различных видов возобновляемых видов энергии в производстве электрической и тепловой энергии в мире. Произведен анализ развития возобновляемой энергетики в ряде стран с высокой долей выработки электроэнергии на атомных электростанциях, из которого следует абсолютно гармоничное совместное развитие обоих направлений энергетики в рамках каждой отдельной страны. Рассчитан вклад возобновляемых источников энергии и ядерной энергетики в декарбонизацию энергетического сектора, позволивший в 2020 году на четверть сократить объем мировых выбросов парниковых газов, произведенных энергетическим сектором.

The article analyses the energy sector's contribution to greenhouse gas emissions and the possibilities for these emissions' reduction through the use of renewable and nuclear energy. The share of various types of renewable energy in the production of electrical and thermal energy worldwide is determined. The analysis of renewable energy development in several countries with a high share of electricity generation at nuclear power plants was carried out, which leads to a completely harmonious joint development of both energy sectors in each country. The contribution of renewable energy sources and nuclear energy to the decarbonization of the energy sector was calculated: which made it possible to reduce by a quarter of global greenhouse gas emissions produced by the energy sector in 2020.

*Ключевые слова:* возобновляемая энергетика, ядерная энергетика, парниковые газы, снижение выбросов парниковых газов, доля выработки электрической и тепловой энергии, декарбонизация.

*Keywords:* renewable energy, nuclear energy, greenhouse gases, reduction of greenhouse gas emissions, the share of electricity and heat generation, decarbonisation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-52-55>

Экологическая безопасность – одно из направлений национальной безопасности Республики Беларусь. Рост антропогенного воздействия на окружающую среду и повышение выбросов загрязняющих веществ, как и результирующее глобальное изменение климата, угрожают национальной безопасности Республики Беларусь. Следовательно, снижение выбросов загрязняющих веществ, в том числе парниковых газов, является актуальной и крайне важной задачей.

В связи с ростом населения планеты, а также повышением уровня жизни, растет и потребление энергии. Энергетический сектор оказывает существенное влияние на окружающую среду, выбрасывая парниковые газы и ускоряя темпы наступления глобального потепления. В Республике Беларусь выбросы парниковых газов энергетическим сектором составляют 64-65% всех выбросов парниковых газов [1].

При анализе существующих тенденций в снижении выбросов парниковых газов следует отметить три направления: использование возобновляемых источников энергии, переход с использования угля на использование природного газа, а также развитие ядерной энергетики [2]. Причем существующий вклад возобновляемой энергетики в снижение выбросов составляет три четверти от суммарного вклада всех трех направлений.

Доля современных возобновляемых источников энергии (не учитывается традиционное использование биотоплива) в конечном потреблении энергии на 2020 год в мире составила 11,5 %, в Европе этот показатель находится на уровне 18,1 %. Ожидается, что к 2030 году доля возобновляемой энергетики возрастет и будет находиться в диапазоне 15,4–22,8 % мирового потребления энергии и в диапазоне 26,8–34,0 % европейского [3]. По состоянию на 2020 год современные возобновляемые источники энергии покрывали 28,0 % мировых потребностей в электроэнергии и 4,7 % потребностей в тепловой энергии. К 2030 году, согласно сценариям, рассмотренным в [3], они смогут покрыть от 37 до 49 процентов потребляемой в мире электрической энергии.

Структура производства электрической и тепловой энергии из возобновляемых источников энергии в мире представлена на рис. 1 и 2.



Рисунок 1 – Доли различных источников в общей выработке электрической энергии за счет возобновляемых источников энергии в мире, 2020 год  
Примечание – Источник: собственная разработка на основе [4].

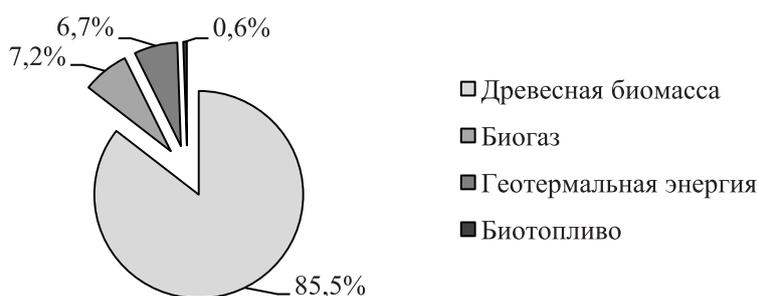
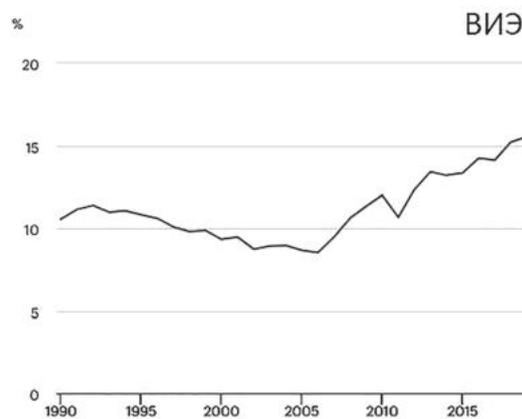
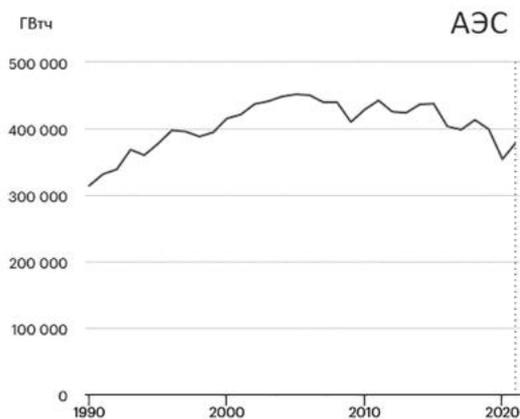


Рисунок 2 – Доли различных источников в общей выработке тепловой энергии за счет возобновляемых источников энергии в мире, 2020 год  
Примечание – Источник: собственная разработка на основе [4].

Интенсивность развития возобновляемой энергетики неравномерна по странам. В условиях ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС особо интересна динамика развития возобновляемой энергетики в странах с большой долей выработки электроэнергии на атомных электростанциях. Среди стран-лидеров по установленной мощности, выработке либо доле АЭС в общей выработке электроэнергии присутствуют такие страны, как Соединенные Штаты Америки, Франция, Китай, Россия, Южная Корея, Канада, Словакия. На Рис.3. приведены динамика выработки электроэнергии на атомных электростанциях (1990–2021 гг.) и динамика доли современной возобновляемой энергетики в объеме валового потребления топливно-энергетических ресурсов (1990–2019 гг.) для некоторых из вышеназванных стран.

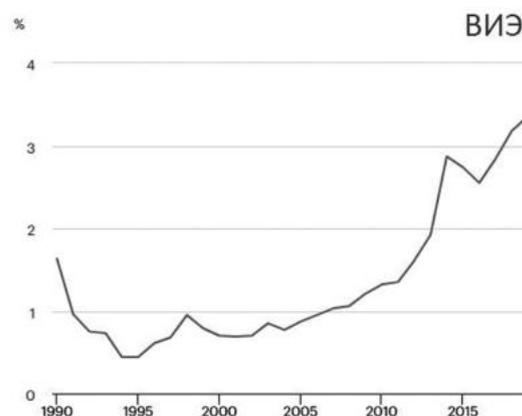
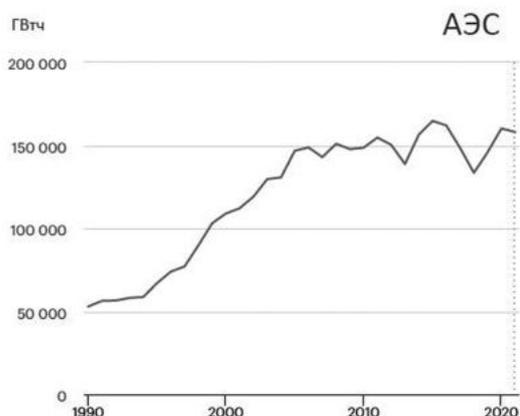
Как видно из рисунка 3, во всех рассмотренных странах уделяется большое внимание развитию возобновляемой энергетики, что отражается на графиках динамики доли современной возобновляемой энергетики в объеме валового потребления топливно-энергетических ресурсов. Так во Франции доля производства энергии из возобновляемых источников энергии достаточно высока – 15,5%, что в 1,6 раза больше, чем было в 2000 году. Рост производства энергии из возобновляемых источников энергии в Южной Корее отмечается 4,9-кратным увеличением по отношению к 2000 году. В Соединенных Штатах Америки при доле производства возобновляемыми источниками энергии в 10 % их доля увеличилась с 2000 года почти в два раза. Странам, имеющим недостаточные запасы собственных топливных полезных ископаемых, атомная и возобновляемая энергетика позволяют иметь возможность обеспечить энергией, как минимум, ответственных потребителей даже при нарушении поставок топлива. Тенденция к поддержанию высокой доли атомных электростанций в выработке электроэнергии и одновременному развитию возобновляемых источников энергии достаточно хорошо соответствует принципам устойчивого развития:

- атомная и возобновляемая энергетика позволяют сократить потребление горючих полезных ископаемых, что, с одной стороны, дает возможность продлить эксплуатацию существующих разведанных месторождений, с другой стороны, высвобождает ресурсы для производства не топливной химической продукции;
- оба направления способствуют сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу;
- атомная и возобновляемая энергетика дополняют друг друга, обеспечивая надежность энергоснабжения, с одной стороны, и необходимую маневренность энергосистемы, с другой стороны;
- и атомная, и возобновляемая энергетика способствуют укреплению энергетической безопасности, как составляющей курса устойчивого энергетического развития, снижая зависимость от стран-экспортеров энергоресурсов путем диверсификации источников энергии;
- расширяются возможности для инвестиций в энергетику, как для крупных компаний, так и для небольших организаций и даже физических лиц;
- два названных направления являются наукоемкими и имеют большие перспективы по части новых разработок, что привлекает исследователей и обеспечивает развитие обоих направлений.



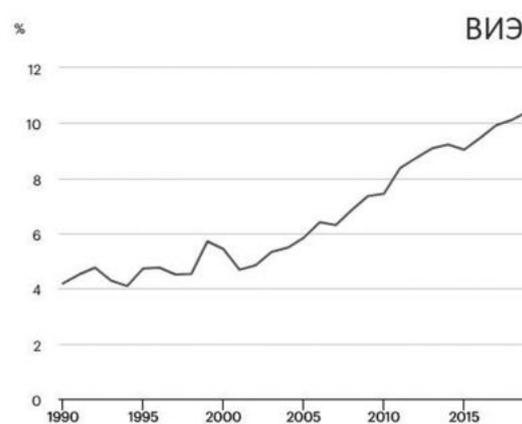
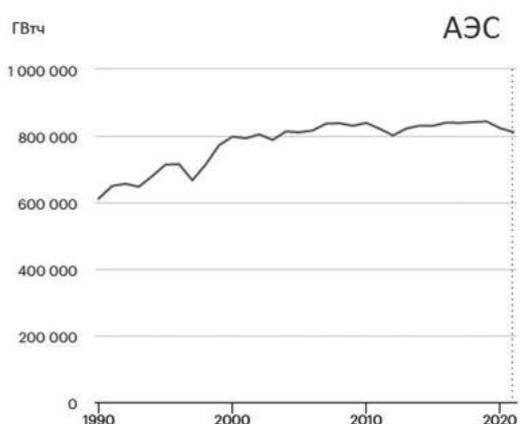
*Франция*

*доля АЭС в производстве электроэнергии (2019 г.): 70,6%;  
доля ВИЭ в объеме валового потребления ТЭР (2019 г.): 15,5%;  
рост доли ВИЭ (период с 2000 г. по 2019 г.): 1,6 раза*



*Южная Корея*

*доля АЭС в производстве электроэнергии (2019 г.): 26,2%;  
доля ВИЭ в объеме валового потребления ТЭР (2019 г.): 3,4%;  
рост доли ВИЭ (период с 2000 г. по 2019 г.): 4,9 раза*



*США*

*доля АЭС в производстве электроэнергии (2019 г.): 19,7%;  
доля ВИЭ в объеме валового потребления ТЭР (2019 г.): 10,4%;  
рост доли ВИЭ (период с 2000 г. по 2019 г.): 1,9 раза*

*Рисунок 3 – Динамика выработки электроэнергии на АЭС и доли современной возобновляемой энергетики в объеме валового потребления ТЭР (Франция, Южная Корея, США)*

*Примечание – Источник: собственная разработка на основе [4, 5]*

Стоит отметить, что одним из важных технологических условий является обеспечение высокой экологической безопасности функционирования атомных электростанций, снижающее их воздействие на окружающую среду, в том числе и при штатном режиме работы.

Принимая во внимание мировые тенденции, возможно заключить, что большая доля атомной энергетики в производстве энергии в стране не является препятствием для интенсивного внедрения энергоисточников на возобновляемых источниках энергии, а, наоборот, отражает общий курс страны на декарбонизацию энергетического сектора.

Сокращение выбросов парниковых газов энергетическим сектором, которого удалось добиться в мире в 2020 году только за счет применения установок на возобновляемых источниках энергии и ядерной энергии, изображено на рис. 4.

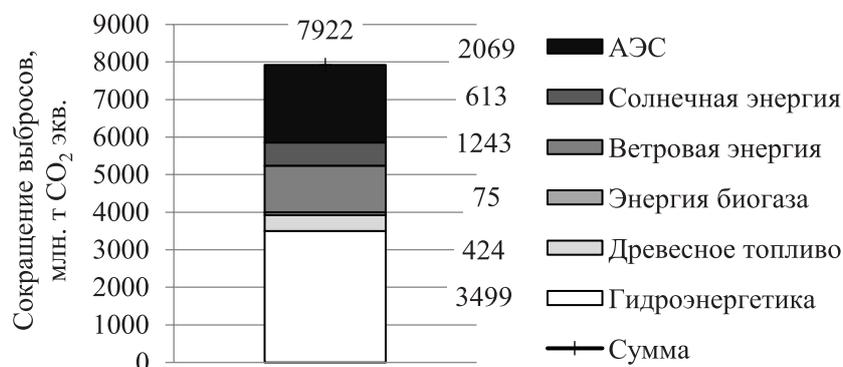


Рисунок 4 – Снижение выбросов парниковых газов за счет использования возобновляемой и ядерной энергии, млн. т CO<sub>2</sub> эквивалента, 2020 год

Примечание – Источник: собственная разработка

Снижение выбросов, составившее 7,9 Гт CO<sub>2</sub> эквивалента, соответствует 25,1% всех выбросов, произведенных энергетическим сектором в 2020 году. Таким образом, можно говорить о предотвращении четвертой части произведенных энергетикой выбросов при помощи использования названных выше технологий. Стоит обратить внимание, что наибольший вклад в сокращение выбросов наблюдается от гидроэнергетики, он составил 44% от суммы. За счет ядерной энергетики удалось предотвратить четверть выбросов. Учитывая мировые тенденции и стабильный высокий темп внедрения энергоисточников на возобновляемых источниках энергии, имеются основания предположить, что в дальнейшем влияние возобновляемой энергетики на декарбонизацию энергетического сектора будет только расти.

Стратегия устойчивого развития предполагает, что при удовлетворении своих потребностей мы обязаны позаботиться о сохранении ресурсов для будущих поколений. Это касается как обеспечения энергией, так и поддержания окружающей среды в состоянии, комфортном для проживания. Выбор источников энергии, позволяющих бережно расходовать имеющиеся на земле топливные полезные ископаемые и снижать антропогенные выбросы парниковых газов, будет способствовать укреплению национальной безопасности каждой страны в отдельности и одновременному повышению уровня устойчивого развития энергетического сектора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. GHG Profiles [Electronic resource] // United Nations Climate Change. – Mode of access: [https://di.unfccc.int/ghg\\_profile\\_annex1](https://di.unfccc.int/ghg_profile_annex1) – Date of access: 03.02.2023.
2. Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020 [Electronic resource] // International Energy Agency. – Mode of access: <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020> – Date of access: 12.02.2023.
3. Modern renewables [Electronic resource] // International Energy Agency. – Mode of access: <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/modern-renewables> – Date of access: 06.01.2023.
4. Renewables [Electronic resource] // International Energy Agency. – Mode of access: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables> – Date of access: 08.01.2023.
5. Power reactor information system [Electronic resource] // International Atomic Energy Agency. – Mode of access: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=US> – Date of access: 27.01.2023.