

ОТРАСЛЕВАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ

SECTORAL AND REGIONAL ECONOMY: PROBLEMS AND MECHANISMS OF CONTROL

Научная статья

УДК 339

<https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-1-13-22>

EDN OCLNFF

Экономические аспекты перспективного использования возобновляемых энергоресурсов традиционными технологиями

*Игорь Анатольевич Агафонов, Оксана Сергеевна Чечина[✉],
Игорь Евгеньевич Шафранский*

*Самарский государственный технический университет,
Самара, Россия, ChechinaOS@yandex.ru[✉]*

Аннотация. Проанализировано состояние мирового производства электроэнергии за последние десятилетия, отмечается увеличение суммарного производства электроэнергии в мире более чем в 4 раза за период 1937–2019 гг. Проанализирована доля производств электроэнергии из различных источников. Особое положение среди процессов производства электроэнергии отведено гидроэнергетике, которая использует природные возобновляемые ресурсы и не генерирует парниковые газы и прочие продукты сгорания, а также имеет большой потенциал для удовлетворения потребностей в электроэнергии многих стран. Согласно анализу на гидроэнергетику приходится примерно 16 % мирового производства электроэнергии. Проиллюстрировано распределение долей выработки гидроэлектроэнергии по странам, в том числе в России. Указан общий валовой гидропотенциал Российской Федерации (около 2 800 млрд кВт·ч), по обеспеченности гидроэнергетическими ресурсами Россия занимает второе место в рейтинге после Китая. Рассматривается традиционный для нашей страны подход выработки электроэнергии на тепловых электростанциях. Предполагается, что вывод гидроэлектростанций из эксплуатации будет связан с большим объемом затрат государственного бюджета. Приведены достоинства гидроэлектростанций и негативные последствия гидроэнергетики. Проиллюстрировано распределение экономического потенциала гидрогенизационных энергоресурсов рек России, обладающих наибольшей динамикой развития гидроэнергетики, и указана степень его использования (гидропотенциал РФ использован достаточно слабо, его распределение на территории страны неравномерно). Сделаны выводы о перспективности использования гидропотенциала рек Северного Кавказа, о возможности строительства деривационных гидроэлектростанций с искусственными системами водных каналов без затопления территорий и переселения населения. Отмечены направления альтернативной гидроэнергетики, связанные с применением механической энергии приливов, течений, волн и тепловой энергии океана.

Ключевые слова: производство электроэнергии, возобновляемые ресурсы энергии, гидроэнергетика, малая гидроэнергетика, гидропотенциал, гидроэлектростанция

Для цитирования: Агафонов И. А., Чечина О. С., Шафранский И. Е. Экономические аспекты перспективного использования возобновляемых энергоресурсов традиционными технологиями // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2023. № 1. С. 13–22. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-1-13-22>. EDN OCLNFF.

Original article

Economic aspects of prospective use of renewable energy resources by traditional technologies

Igor A. Agaphonov, Oksana S. Chechina✉, Igor E. Shafranskii

Samara State Technical University,
Samara, Russia, ChechinaOS@yandex.ru✉

Abstract. The article focuses on the analysis of world electric power production over the past decades, which is marked by the increase in the world total electricity production by more than 4 times in 1937-2019. The shares of electricity production from different sources are analyzed. Hydropower, which uses natural renewable resources and does not generate greenhouse gases and other combustion products, and also has great potential to meet the electricity needs of many countries is given a special position among the electricity generation processes. According to the analysis, hydropower accounts for around 16% of the world's electricity production. Distribution of shares of hydroelectric power generation by the countries, including Russia, is illustrated. There has been defined a total gross hydro potential of the Russian Federation (about 2,800 billion kWh); Russia ranks second after China in supply of hydropower resources. There is considered a traditional approach for our country to produce electricity at thermal power plants. Decommissioning of hydroelectric power plants is supposed to take a large amount of state budget expenditures. The advantages of hydroelectric power plants and negative consequences of hydropower engineering are given. Distribution of the economic potential of the hydrogenation energy resources of the Russian rivers with the highest dynamics of hydropower development is illustrated, and its application is determined (the RF hydro potential is used rather poorly, its distribution across the country is uneven). The promising application of the hydro potential of the rivers in the North Caucasus has been proved, as well as of building the derivational hydroelectric power plants with artificial channel systems without flooding the territories and resettling the population. The directions of alternative hydropower engineering that use the mechanical energy of tides, currents, waves and thermal energy of the ocean have been considered.

Keywords: electric energy production, renewable energy resources, hydropower engineering, small hydropower engineering, hydropotential, hydroelectric power plant

For citation: Agaphonov I. A., Chechina O. S., Shafranskii I. E. Economic aspects of prospective use of renewable energy resources by traditional technologies. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics.* 2023;1:13-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-1-13-22>. EDN OCLNFF.

Введение

Производство электроэнергии и потребность в ней неуклонно повышаются. Максимальные темпы роста за последние десятилетия демонстрируют технологии производства электроэнергии из возобновляемых источников. Гидроэнергетика обладает как достоинствами традиционной энергетики, использующей энергию сгорания топливно-энергетических ресурсов, так и преимуществами возобновляемых источников энергии. В настоящее время в планах развития электроэнергетики России ставится акцент на теплоэлектростанции (ТЭС), строительство крупных гидроэлектростанций (ГЭС) на территории нашей страны на ближайшее десятилетие не планируется. В реализацию проектов мировой гидроэнергетики вложены значительные инвестиции, суммарный объем которых превышает 1,1 трлн долл. Планируется, что прирост мощностей гидроэнергетических объектов будет осуществляться прежде всего за счет стран третьего мира, т. к. существующие экологические последствия эксплуатации крупных ГЭС становятся препятствием для их строительства в странах, взявших курс на экологизацию народного хозяйства. Вместе с тем известно,

что многие развитые европейские страны уже довели реализацию своего гидропотенциала до технологически возможного максимума. Некоторые страны, в частности Парагвай, полностью обеспечиваются электроэнергией гидрогенезационного происхождения и успешно экспортируют ее излишки. Подобный подход может быть успешно реализован в восточных районах Российской Федерации, низкая заселенность которых позволяет не опасаться негативных последствий формирования водохранилищ, гидропотенциал рек значительно превышает территории европейской части страны, а потребность в электрической энергии велика в силу необходимости развития предприятий, перерабатывающих местные полезные ископаемые. В европейской части России рассматриваются перспективы создания малых ГЭС, прежде всего на реках Северного Кавказа. Малая гидроэнергетика позволяет эффективно обслуживать мелких потребителей. Опыт малой гидроэнергетики успешно реализован в Китае, где создано значительное количество малых ГЭС, обеспечивающих электрификацию трети сельских районов страны.

Материалы исследования

Развитие отдельных стран и цивилизации в целом требует выработки все большего количества

энергии, в частности электрической. На рис. 1 представлены показатели производств электроэнергии из различных источников в 1973 и 2019 гг. [1].

Agaripov I. A., Shechina O. S., Shafranik I. E. Economic aspects of prospective use of renewable energy resources by traditional technologies

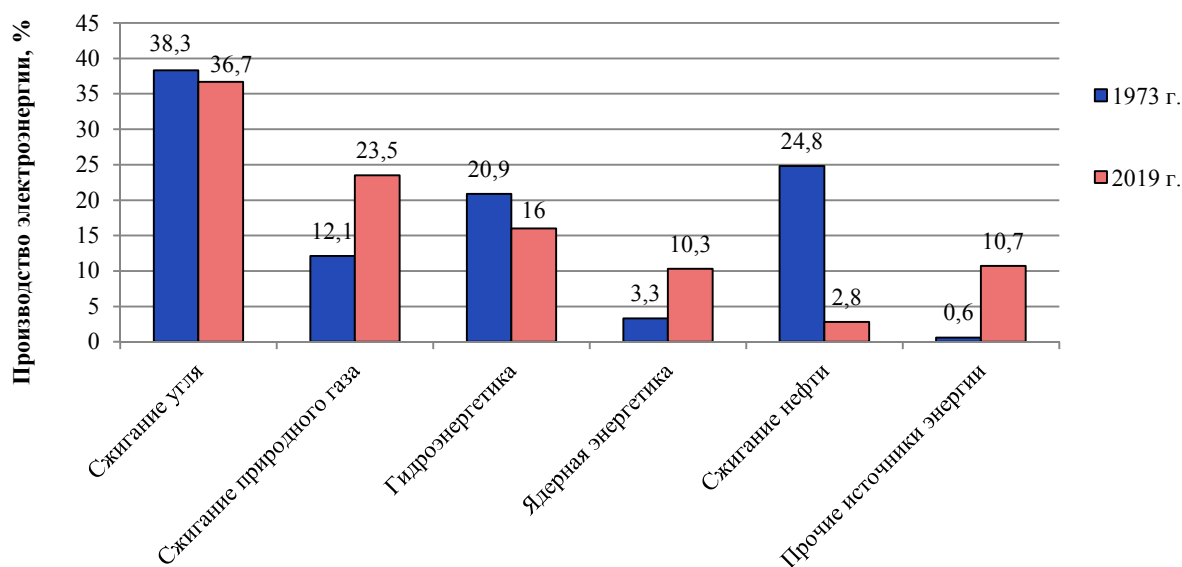


Рис. 1. Доля производств электроэнергии из различных источников

Fig. 1. Parts of electric energy generated by different sources

За период 1973–2019 гг. суммарное производство электроэнергии в мире возросло более чем в 4 раза (рис. 2). Показатели производства электроэнергии увеличились за счет всех источников, за исключением нефти. В особенности стоит выде-

литель производство посредством прочих источников, включающих и совокупность возобновляемых источников энергии. Объем производства электроэнергии этой группой источников увеличился за 46 лет в 78 раз.

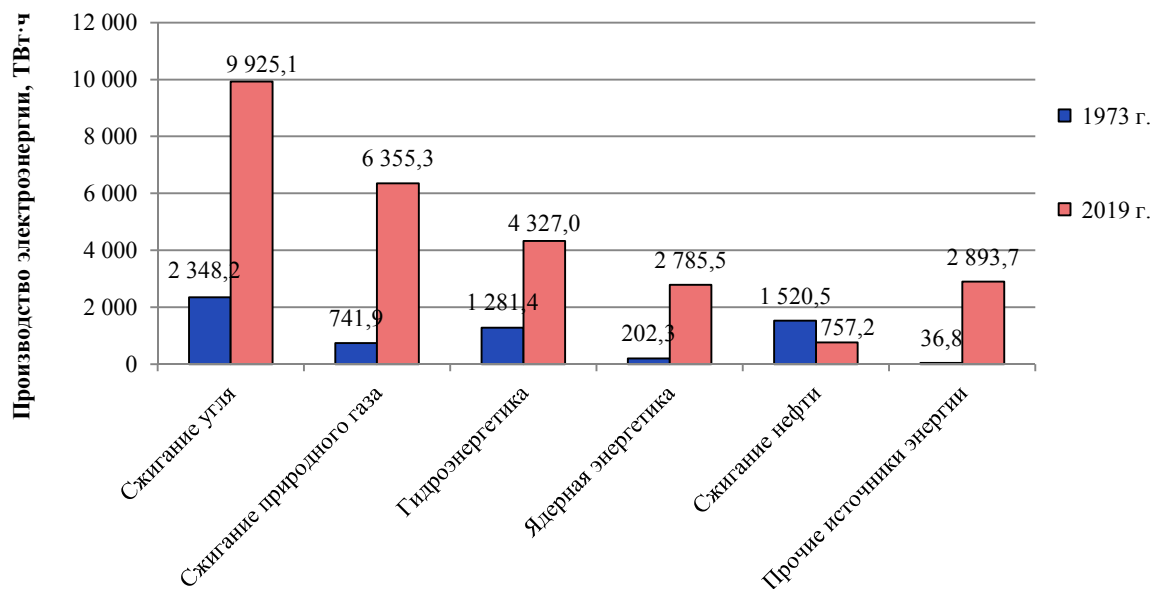


Рис. 2. Объем производства электроэнергии различными источниками

Fig. 2. Volume of electric power generation by different sources

Особое положение среди процессов производства электроэнергии занимает гидроэнергетика, которая, с одной стороны, имеет свои специфические формы воздействия на окружающую природную среду, а с другой – использует природные возобновляемые ресурсы и не генерирует парниковые газы и другие продукты сгорания топливно-энергетических ресурсов. От атомной энергетики гидроэнергетику выгодно отличает отсутствие радиоактивных отходов. В настоящее время гидроэнергетика занимает важное место в народном хозяйстве многих стран и имеет значительный потенциал для удовлетворения перспективных потребностей в электроэнергии. Объем выработки электроэнергии ГЭС в России обеспечивает примерно 17–19 % от общего количества генерируемой в стране электроэнергии и составляет 99 % выработки электроэнергии, осуществляемой возобновляемыми природными источниками энергии [2].

На гидроэнергетику пришлось около 16 % мирового производства электроэнергии. Почти все генерирующие мощности сосредоточены на более

чем 45 тыс. крупных плотинах. Мировой потенциал выработки гидроэнергии оценивается почти в 10 трлн кВт·ч. В настоящее время гидрогенерация электрической энергии находится на высоком этапе развития, в мире ее широкое производство и использование осуществляют более 160 стран. Самая высокая динамика ее развития демонстрируется пятеркой стран, в которую наряду с Китаем, Бразилией, Канадой и США входит Россия. Суммарно эти страны генерируют свыше половины мирового объема гидроэлектроэнергии [3]. При этом более трети мировой гидроэнергетики производится в Азиатско-Тихоокеанском регионе. На рис. 3 представлены объемы производства гидроэнергии десяти стран, занимающих лидирующее место в производстве гидроэнергии в мире, обеспечивая выработку 70,4 % [4]; распределение их долей выработки в мире – на рис. 4 [4]. На рис. 5 представлены величины доли первой десятки мировых лидеров гидроэнергетики в производстве этим методом электроэнергии внутри страны [4].

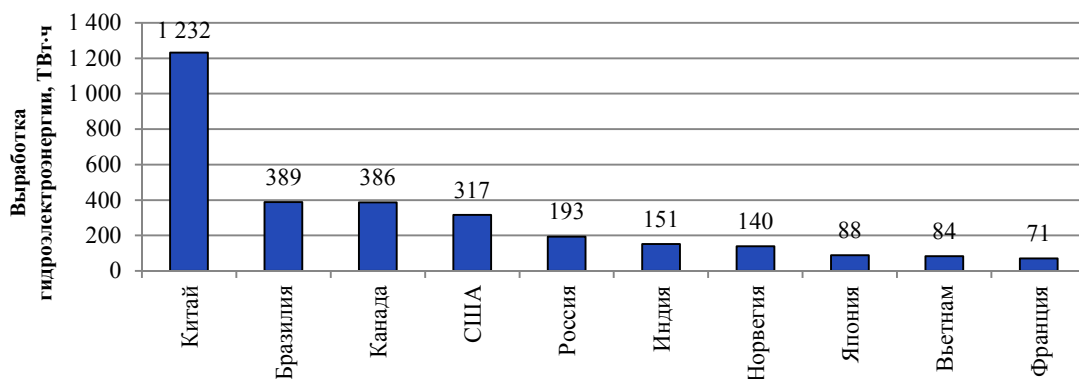


Рис. 3. Годовая выработка гидроэлектроэнергии десяти крупнейших стран-производителей (2020 г.)

Fig. 3. Annual hydropower production by the top ten producing countries (2020)

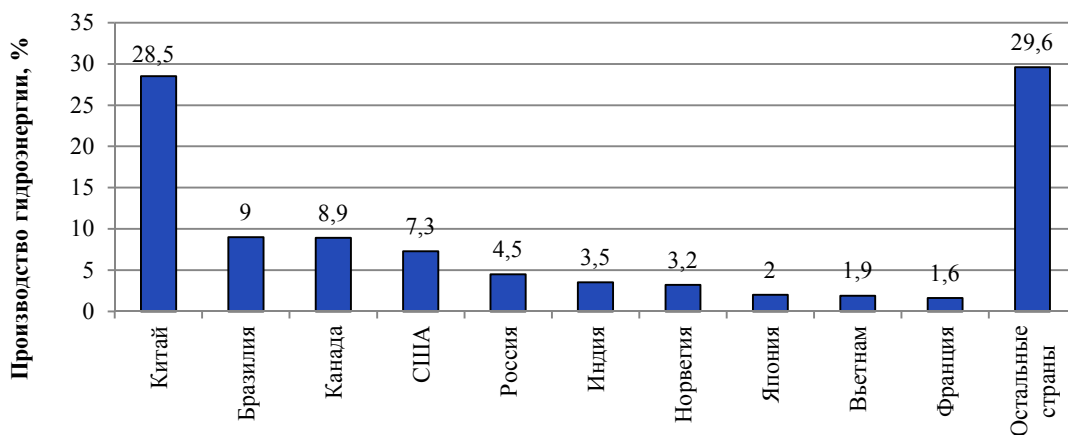


Рис. 4. Доля мирового производства гидроэнергии

Fig. 4. Share of the world hydropower production

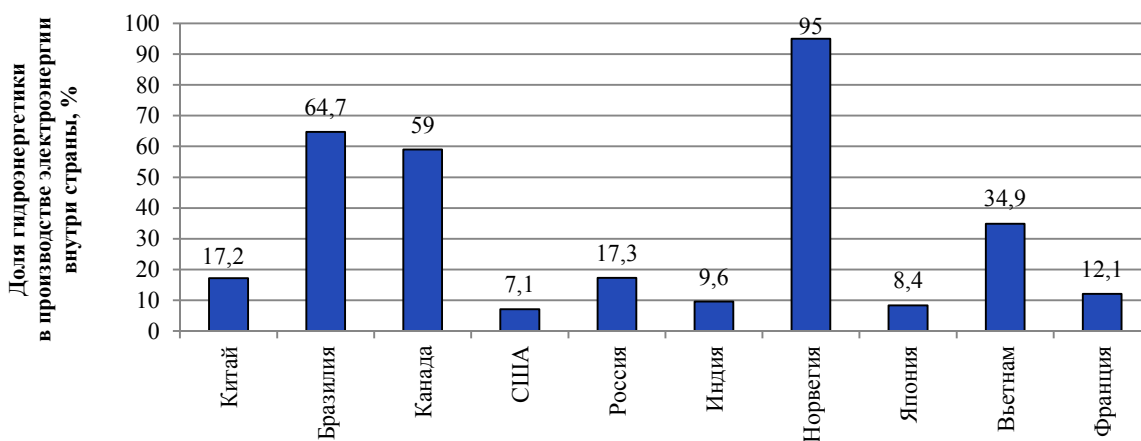


Рис. 5. Доля гидроэнергетики в производстве электроэнергии внутри ведущих стран-производителей

Fig. 5. Share of hydropower in electric power generating within the leading producing countries

Не всегда высокий объем производства и переработочное место в мировом рейтинге производства энергии тем или иным способом в достаточной мере обеспечивает выработку электроэнергии для собственных нужд (см. рис. 5). Можно объяснить это большим объемом производства энергии, которой тот или иной метод производства, как бы велик он ни был, обеспечивает незначительную часть. Так, например, экономика Китая в настоящее время развивается очень высокими темпами и испытывает колоссальную потребность в энергоресурсах, сопровождающуюся интенсивным развитием всех способов производства энергии [5]. Несмотря на то что выработка электроэнергии с помощью гидроресурсов у Китая самая высокая в мире как по абсолютному значению, так и по относительной доле в общемировых объемах производства, собственные потребности в электроэнергии удовлетворяются Китаем в относительно незначительной степени.

Степень использования мирового гидроэнергетического потенциала сильно дифференцирована по странам: Франция, Швейцария и Италия реализовали его почти на 96–98 %, Япония – на 90 %, США и Канада – на 38–40 %, Индия – на 15 % (почти на уровне Китая), Азербайджан – на 10 %, Перу – на 5 %, Демократическая Республика Конго – на 1,5 %.

Следует различать общий валовой (теоретический) гидроэнергетический потенциал страны, технически достижимый уровень использования гидроресурсов и экономический потенциал. Общий валовой гидроэнергетический потенциал РФ составляет около 2 800 млрд кВт·ч годовой выработки электроэнергии, или 70 тыс. кВт·ч на 1 км² территории, из него 83 % (около 2 400 млрд кВт·ч) составляет потенциал крупных и средних рек, являющийся основным гидроресурсным фондом. Этот потенциал является од-

ним из основных элементов, обеспечивающих развитие энергогенерирующей энергетики, именно он лежит в основе современного гидроэнергетического строительства [6]. В нашей стране доля технически достижимого уровня гидропотенциала составляет примерно 70 % от теоретического и позволяет вырабатывать до 1 670 млрд кВт·ч в год. Конечно, следует учесть, что технически достижимый уровень соответствует текущему состоянию развития науки и техники и может быть существенно расширен в будущем.

Экономический потенциал является частью гидроэнергетических энергоресурсов, которая может быть использована практически. При оценке перспектив ее использования учитываются такие факторы, при которых осуществляется хозяйственное освоение территорий, в частности экономическая целесообразность, условия, а также природоохранные факторы. Следует иметь в виду, что оценка значительной части гидроэнергоресурсов была проведена в начале 1960-х гг. В ходе оценки проводилось обобщение большого объема накопленных к этому времени проектных материалов. В итоге объем годового экономического гидроэнергетического потенциала России по крупным рекам был оценен в 850 млрд кВт·ч, т. е. около 30 % от общего валового гидроэнергетического потенциала страны. При этом потенциал малых рек в рассмотренных цифрах не фигурирует, следовательно, на практике возможности гидроэнергетики в нашей стране намного выше рассмотренных. Также следует учитывать, что размещение гидроресурсов по территории РФ неравномерное: основная часть потенциала (около 80 %) приходится на районы Сибири и Дальнего Востока, а около 20 % – на европейские регионы страны. Около 30 % потенциала европейской части России составляют районы Поволжья, около 40 % – районы Севера и Северного Кавказа.

По обеспеченности гидроэнергетическими ресурсами Россия занимает второе место в мире, уступая лишь Китаю [6].

Согласно данным, представленным ассоциацией «Гидроэнергетика России», на территории РФ генерацию электроэнергии осуществляют 104 ГЭС и гидроаккумулирующих станций (ГАЭС) общей мощностью 52,3 ГВт, а также свыше 90 относительно небольших (мощностью не выше 10 МВт) ГЭС суммарной мощностью около 0,15 ГВт [7].

В настоящее время в структуре Единой энергетической системы России около 65 % электроэнергии вырабатывается в системе ТЭС. Если сравнивать гидроэнергетику с традиционной для России выработкой электроэнергии на ТЭС, то у каждого подхода есть свои преимущества.

В отношении стоимости электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС и ТЭС, мнения специалистов расходятся. Так, в [8] указывается, что стоимость электроэнергии, генерирующейся на ГЭС, более чем в два раза ниже, но при этом капиталоемкость строительства ГЭС выше, чем у ТЭС той же мощности.

Авторы [9] отмечают, что себестоимость электроэнергии, генерируемой на ТЭС и АЭС, значительно выше по сравнению с ГЭС за счет присутствия издержек на топливо, численность эксплуатационного персонала ГЭС той же мощности ниже.

Отмечается, что «удельный показатель стоимости одного установленного кВт мощности на ГЭС в полтора-два раза выше, чем на ТЭС, срок окупаемости больше» [10]. Однако методика сравнения технико-экономических параметров электростанций использует в расчетах слишком короткий срок их эксплуатации. Соотношение удельных весов стоимости оборудования и сооружений на ТЭС составляет 70 к 30 в процентном отношении. Для ГЭС, наоборот, 10–30 % стоимости объекта (в зависимости от его масштаба) составляет оборудование, а 90–70 % – основные сооружения. Период обновления насчитывает примерно 30 лет. Основные сооружения гидроэлектростанций имеют длительный экономический ресурс: некоторые станции находятся в эксплуатации уже на протяжении 50–100 лет [11], т. е. оборудование сменилось за 100 лет трижды.

Долговременность гидротехнических сооружений вместе с тем порождает и проблему: ни одну из крупнейших ГЭС, построенных за время использования данного направления энергетики, еще не выводили. В этой связи предполагается, что вывод ГЭС из эксплуатации будет связан с большим объемом затрат бюджета [12]. Кроме того, при оценке затрат производства электроэнергии не учитываются значительные расходы прошлых периодов, связанных с геологоразведкой топливно-энергетических полезных ископаемых и послед-

ствий их использования в будущих периодах. Такой составляющей издержек в гидроэнергетике нет [10].

Генерация электроэнергии на ГЭС предотвращает сжигание свыше 60 млн т условного топлива в год и, следовательно, выбросы в атмосферу парниковых газов, а в случае замены угольных станций – образование огромного количества золошлаковых отходов, количество которых становится катастрофическим [13].

Как у любой технологии, многие параметры гидроэнергетики могут рассматриваться как с положительной, так и с отрицательной стороны.

Гидроэлектростанции привязаны к стокам рек, которые являются возобновляемым источником энергии, но географически могут быть удалены от потребителей, в особенности это касается крупных рек и крупных ГЭС. Такая территориальная особенность, с одной стороны, представляет неудобство, с другой – позволяет дистанцировать негативные последствия гидроэнергетики от мест скопления населения.

Достоинством ГЭС является устройство турбин, которое позволяет плавно менять интенсивность выработки электроэнергии. Гидроагрегаты ГЭС способны после подачи воды набирать мощность в течение двух минут, такая быстрота изменения мощности позволяет реализовывать маневренные возможности ГЭС, т. е. своевременно реагировать на изменения в графике электрической нагрузки.

Образование водохранилищ делает климат более умеренным, т. к. большая масса воды выступает своего рода гигантским тепловым аккумулятором.

Формирование при гидроэлектростанциях водохранилищ способствует улучшению судоходства, но в то же время требует создания системы шлюзов для судодвижения между участками реки разного уровня, что усложняет и удорожает судоходство и препятствует свободному движению рыб.

Негативные последствия гидроэнергетики связаны с изменением характера течения реки и увеличением поверхности рек. Плотины препятствуют движению рыб к нерестилищам, но способствуют росту поголовья рыбы в водохранилищах, что имеет как отрицательные, так и положительные последствия для рыболовства. Также создание водохранилищ приводит к затоплению пахотных земель. Нерегулярность пусков воды из водохранилищ вплоть до полного прекращения влекут за собой перестройку пойменных экосистем речных русел, которые зачастую являются уникальными. Также это приводит к загрязнению рек, снижению поголовья рыб и другим экологическим последствиям, связанным с животным и растительным миром рек и побережий. Эти факторы становятся барьером для стран с высокими природоохранными стандартами при развитии крупной гидрогене-

рации. В работе [12] отмечается, что гидроэнергетика «мигрирует» в развивающиеся страны с большим неосвоенным гидропотенциалом и низкими претензиями к экологическим последствиям проектов. По оценкам Международного энергетического агентства, в ближайшие полтора-два десятилетия до 80 % прироста мощностей гидрогенерации будет обеспечиваться развивающимися государствами. Однако следует учесть, что данный барьер в наибольшей

степени проявляется в развитых странах Европы, которая и так уже практически полностью реализовала потенциал гидроэнергетики, тем более по отношению к крупным рекам.

На рис. 6 проиллюстрировано распределение экономического потенциала гидроэнергетических ресурсов рек стран, обладающих наибольшей динамикой развития гидроэнергетики, а также указана степень его использования [14].

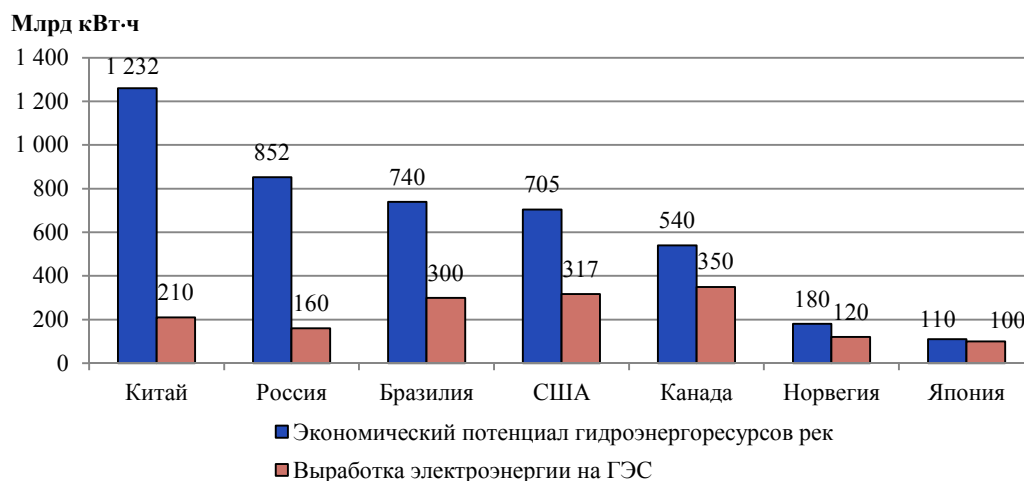


Рис. 6. Экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов некоторых стран

Fig. 6. Economic potential of hydropower resources in different countries

Гидропотенциал России использован достаточно слабо, примерно на одну пятую часть. То же можно сказать и о Китае, использовавшем примерно одну шестую часть своего потенциала. Следовательно, у обеих стран есть значительные перспективы в дальнейшем развитии гидроэнергетики.

Распределение гидропотенциала и степени его использования по территории России очень неравномерно (рис. 7) [6], что объясняется слабым развитием инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока по сравнению с европейской частью России.

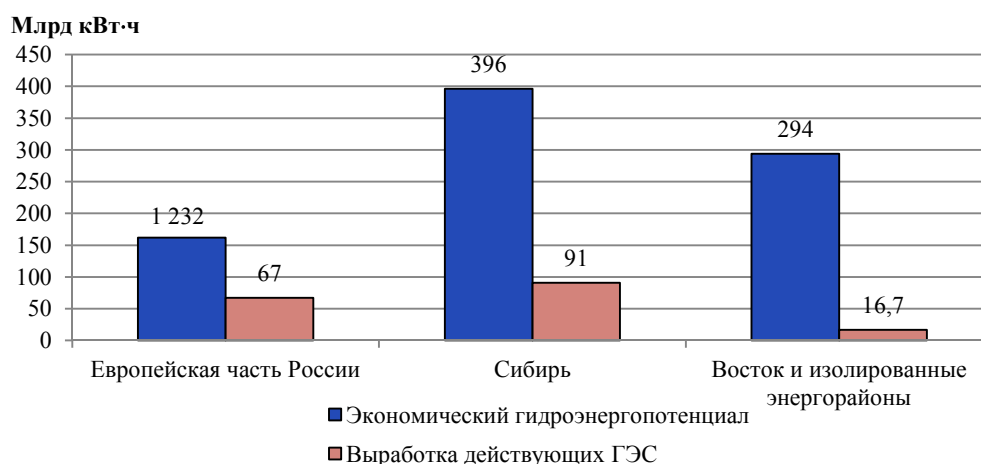


Рис. 7. Экономический гидроэнергетический потенциал территорий России и степень его использования

Fig. 7. Economic hydropower potential of the RF territories and the extent of its use

Согласно правительственным документам, срок ввода в эксплуатацию новых ГЭС сдвинут на 2025–2030 гг., а приоритет отдан строительству станций с тепловой и ядерной генерацией электроэнергии. Период до 2030 г. определяется как «гидроэнергетическая пауза». К 2030 г. планируется снижение доли гидроэнергии в общем объеме вырабатываемой электроэнергии России до 12–13 % [10].

Помимо производства электроэнергии, строительство ГЭС, несмотря на экологические минусы, позволяет решить многие экономические задачи.

Эксплуатация гидроэлектростанций в составе электроэнергетической системы России способствует надежной работе и экономичности последней. Высокая скорость изменения мощности позволяет ГЭС покрывать пиковые части графиков нагрузок, обеспечивая более экономичные режимы работы тепловых и атомных станций. Кроме того, маневренность ГЭС позволяет обеспечивать надежность электроэнергетической системы при возможных авариях [9].

Способность накапливать воду при низких затратах при использовании в качестве пиковой мощности ГЭС имеет более высокую ценность, чем обеспечение мощности базовой нагрузки, а также дает значительные преимущества по сравнению с источниками энергии, работающими с перебоями, такими как ветровая и гелиоэнергетика.

Плотина и водохранилища служат нескольким целям, обеспечивая водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий, ирригацию, защиту от наводнений, крупнотоннажное судоходство, восполняя доходы, компенсирующие затраты на эксплуатацию плотины. Однако в большинстве стран строительство крупных плотин ГЭС будет слишком дорогостоящим и займет много времени, чтобы обеспечить положительную доходность с поправкой на риск, если не будут приняты надлежащие меры по управлению рисками.

В ряде регионов страны доля электроэнергетики в выработке электроэнергии превышает 90 %, например в Магаданской области, а также большинстве республик Северного Кавказа [9]. В Сибири, несмотря на низкий уровень использования гидропотенциала, ГЭС исполняют роль основного производителя электроэнергии и являются опорной инфраструктурой территорий. Как отмечает президент ассоциации «Гидропроект» В. Я. Шайтанов, строительство крупных ГЭС в восточных районах России является важным фактором развития регионов, обеспечивая энергоемкие предприятия, добывающие и перерабатывающие местные полезные ископаемые, привлекая молодые кадры в эти регионы. Также отмечается преимущество строительства ГЭС за Уралом в связи с малой заселенностью территорий и возможностями создавать водохранилища без вреда для используемых сельскохозяйственных угодий. Кроме того, ГЭС и ГАЭС могут выступить генератором электроэнергии для европейской части страны. Подобный

подход даже на межгосударственном уровне реализован, например в Парагвае, где вся электроэнергия вырабатывается за счет гидроэнергетики. В 2016 г. Парагвай произвел 63 млрд кВт·ч, обеспечив 15 млрд кВт·ч потребностей внутри страны и реализовав избыток энергии соседним странам – Бразилии, Аргентине и Уругваю. Таким образом, Парагвай реализовал одну из самых экологически чистых энергетических программ в мире и стал крупнейшим в мире экспортером электричества [15].

Подобное разнесение потребителей и производителей энергии напоминает систему добычи, транспорта и переработки нефти и, очевидно, требует систем передачи электроэнергии. Ситуация осложняется низким опытом строительства линий электропередачи большой протяженности и высокого напряжения, однако имеется пример Китая и Бразилии, успешно эксплуатирующих такие линии длиной свыше 2 тыс. км [10].

Также избыток электроэнергии может быть направлен на производство водорода с последующей его транспортировкой. Подобный проект координируется с программой «Развитие водородной энергетики России», в рамках которой начинается полномасштабная подготовка производства и экспорта водорода [16].

Эксперты «Гидропроект» указывают на необходимость уже сейчас начать комплексную подготовку к строительству объектов гидроэнергетики, не выжидая отведенные Энергетической стратегией 10–15 лет, отмечая, что с учетом перечисленных достоинств и сопутствующих факторов ГЭС становится экономически более выгодными, чем тепловые и атомные станции. Об этом же свидетельствует опыт ведущих стран мира и масштаб реализуемых проектов. Согласно данным Министерства энергетики США, в 2019 г. полная суммарная стоимость реализуемых в настоящее время инвестиционных проектов ГЭС и ГАЭС превышает 1,1 трлн долл. (при этом на ГАЭС приходится 24,5 % этой суммы). Проекты находятся в настоящее время на различных стадиях реализации (от стадии планирования и получения разрешений до стадии строительства) и связаны как со сооружением новых станций, так и с наращиванием действующих мощностей (например, включением в технологические схемы действующих объектов новых турбогенераторных блоков), а также реконструкцией и модернизацией агрегатов, эксплуатирующихся в настоящее время [17].

Таким образом, при оценке альтернативы «гидроэнергетической паузы» следует учесть многочисленные достоинства гидроэнергетики в целом, географические преимущества нашей страны, позволяющие в полной мере развивать крупные проекты, опыт в реализации которых у нашей страны велик, перенося их на незаселенные территории, и, наконец, уделять внимание гидропотенциалу малых рек, успешно обеспечивающих мелких потребителей. Например, Китай реализовал мас-

штабную комплексную программу по строительству свыше 90 тыс. малых гидроэлектростанций, что позволило удовлетворить потребности более трети хозяйств сельских районов страны. Соединенные Штаты Америки разработали государственную программу развития малой гидроэнергетики до 2020 г., в ходе реализации которой планировалось ввести малые ГЭС суммарной мощностью 50 тыс. МВт, обеспечив производство 200 млрд кВт·ч электроэнергии. Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, выработанной на малой ГЭС, большой ГЭС и АЭС, оценивается в 1,8–2,4 цента, 3,2–5,5 цента и 2,8–3,9 цента соответственно [12].

В европейской части России, в значительной степени выработавшей гидропотенциал крупных рек, высокие перспективы использования имеет гидропотенциал рек Северного Кавказа. На данных реках возможно строительство деривационных ГЭС с созданием искусственных систем водоводов (каналов), не подвергая затоплению территории, без переселения населения, что служит хорошей иллюстрацией перспектив развития малой гидроэнергетики [9].

Помимо традиционной гидроэнергетики, в настоящее время активно продвигают и другие способы

получения электроэнергии, использующие энергию воды. Основные направления развития альтернативной гидроэнергетики связаны с использованием механической энергии приливов, волн, течений и тепловой энергии океана. Но это уже отдельное направление развития энергетики.

Заключение

Таким образом, гидроэнергетика по-прежнему является важным элементом энергетических систем России и мира. Пример развитых стран свидетельствует, что ее возможности далеко не исчерпаны. В России перспективы ее развития связаны с активным строительством малых гидроэлектростанций на европейской части страны и комплексным планом развития в восточной части, который включает строительство системы крупных электростанций на реках Сибири. Последний комплекс проектов требует одновременного формирования системы линии электропередач протяженностью свыше 4 тыс. км, необходимой для передачи электроэнергии в европейскую часть РФ и крупным предприятиям – потребителям электроэнергии по всей территории страны.

Список источников

1. Мировое валовое производство электроэнергии с разбивкой по источникам, 2019 г. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source> (дата обращения: 08.01.2023).
2. Основные характеристики российской энергетики. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532> (дата обращения: 08.01.2023).
3. Канарейкин А. Мировая гидроэнергетика. URL: https://revolution.allbest.ru/international/00764319_0.html (дата обращения: 08.01.2023).
4. Ключевая мировая энергетическая статистика – 2020. URL: https://translated.turbopages.org/proxu_u/en-ru.ru.60bc5ed3-63b29f5b-37f6c2e3-74722d776562/https/www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020 (дата обращения: 08.01.2023).
5. Агафонов И. А., Чечина О. С., Васильчиков А. В., Швецов К. И. Топливо-энергетический комплекс Китая как перспективный рынок российского экспорта нефти // Москов. экон. журн. 2021. № 9. С. 118–129.
6. Музей гидроэнергетики. Современное состояние. URL: <http://www.hydropowermuseum.ru/ru/history-of-hydropower/current-condition> (дата обращения: 08.01.2023).
7. В России освоена только пятая часть потенциала гидроэнергетики. URL: <https://rg.ru/2021/10/13/v-grossii-osvoena-tolko-piataia-chast-potenciala-gidroenergetiki.html> (дата обращения: 08.01.2023).
8. Где миллиарды от Саяно-Шушенской ГЭС? URL: <https://www.youtube.com/watch?v=y6Vw0wTt1Iw> (дата обращения: 08.01.2023).
9. Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России: справ. / под ред. В. В. Берлина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 224 с.

10. Бабак Е. Невостребованное богатство или неразумная экономия? URL: <http://ancb.ru/publication/read/765> (дата обращения: 08.01.2023).
11. Гидроэлектричество – Hydroelectricity. URL: <https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/Hydroelectricity> (дата обращения: 08.01.2023).
12. Мировая гидроэнергетика: настоящее и будущее. URL: https://energobelarus.by/articles/traditsionnaya_energetika/mirovaya_gidroenergetika_nastoyashchee_i_budushchee/ (дата обращения: 08.01.2023).
13. Агафонов И. А., Чечина О. С., Васильчиков А. В., Овчинников Д. Е. Техничко-экологические перспективы использования угля на рынке производства электроэнергии // Москов. экон. журн. 2022. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-uglya-v-toplivno-energeticheskom-komplekse-rossii-i-mira/viewer> (дата обращения: 08.01.2023).
14. Гидроэнергетика России. URL: <https://studfile.net/preview/6757172/page:3> (дата обращения: 08.01.2023).
15. Парагвай: самая возобновляемая в мире энергетика. URL: <https://eenergy.media/archives/18372> (дата обращения: 08.01.2023).
16. Васильчиков А. В., Агафонов И. А., Чечина О. С. Перспективы российского природного газа в европейском топливно-энергетическом комплексе // Москов. экон. журн. 2021. № 2. С. 137–146.
17. Симонов Е. А. Мировые тенденции развития гидроэнергетики в 2020 г.: темат. обзор. URL: https://www.researchgate.net/publication/354545316_Mirovye_tendencii_razvitiya_gidroenergetiki_v_2020_g_TEMATICHESKIY_OBZOR (дата посещения: 08.01.2023).

References

1. *Mirovye valovoe proizvodstvo elektroenergii s razbivkoi po istochnikam, 2019 g.* [World gross electricity production by source, 2019]. Available at: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source> (accessed: 08.01.2023).

2. *Osnovnye kharakteristiki rossiiskoi energetiki* [Main characteristics of Russian energy]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/532> (accessed: 08.01.2023).
3. Kanareikin A. *Mirovaia gidroenergetika* [World hydropower engineering]. Available at: https://revolution.allbest.ru/international/00764319_0.html (accessed: 08.01.2023).
4. *Kliuchevaia mirovaia energeticheskaia statistika – 2020* [Key world energy statistics - 2020]. Available at: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.60bc5ed3-63b29f5b-37f6c2c3-74722d776562/https/www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020 (accessed: 08.01.2023).
5. Agafonov I. A., Chechina O. S., Vasil'chikov A. V., Shvetsov K. I. *Toplivno-energeticheskii kompleks Kitaia kak perspektivnyi rynek rossiiskogo eksporta nefiti* [Fuel and energy complex of China as promising market for Russian oil exports]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal*, 2021, no. 9, pp. 118-129.
6. *Muzei gidroenergetiki. Sovremennoe sostoianie* [Hydropower Museum. Current state]. Available at: <http://www.hydrmuseum.ru/ru/history-of-hydropower/current-condition> (accessed: 08.01.2023).
7. *V Rossii osvoena tol'ko piataia chast' potentsiala gidroenergetiki* [Only fifth of hydropower potential developed in Russia]. Available at: <https://rg.ru/2021/10/13/v-rossii-osvoena-tolko-piataia-chast-potenciala-gidroenergetiki.html> (accessed: 08.01.2023).
8. *Gde milliardy ot Saiano-Shushenskoi GES?* [Where are billions from Sayano-Shushenskaya HPP?]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=y6Vw0wTt1Iw> (accessed: 08.01.2023).
9. *Vozobnovliaemaia energiya. Gidroelektrostantsii Rossii: spravochnik* [Renewable energy. Hydroelectric power stations of Russia: reference book]. Pod redaktsiei V. V. Berlina. Saint-Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2018. 224 p.
10. Babak E. *Nevostrebovannoe bogatstvo ili nerazumnaia ekonomia?* [Unclaimed wealth or unreasonable economy?]. Available at: <http://ancb.ru/publication/read/765> (accessed: 08.01.2023).
11. *Gidroelektrichestvo – Hydroelectricity* [Hydroelectricity]. Available at: <https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/Hydroelectricity> (accessed: 08.01.2023).
12. *Mirovaia gidroenergetika: nastoiashchee i budushchee* [World hydropower: present and future]. Available at: https://energobelarus.by/articles/traditsionnaya_energetika/mirovaya_gidroenergetika_nastoyashchee_i_budushchee/ (accessed: 08.01.2023).
13. Agafonov I. A., Chechina O. S., Vasil'chikov A. V., Ovchinnikov D. E. *Tekhniko-ekologicheskie perspektivy ispol'zovaniia uglia na rynke proizvodstva elektroenergii* [Technical and environmental prospects for using coal in energy production market]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal*, 2022, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-uglya-v-toplivno-energeticheskome-komplekse-rossii-i-mira/viewer> (accessed: 08.01.2023).
14. *Gidroenergetika Rossii* [Hydropower of Russia]. Available at: <https://studfile.net/preview/6757172/page:3> (accessed: 08.01.2023).
15. *Paragvai: samaia vozobnovliaemaia v mire energetika* [Paraguay: world most renewable energy]. Available at: <https://eenergy.media/archives/18372> (accessed: 08.01.2023).
16. Vasil'chikov A. V., Agafonov I. A., Chechina O. S. *Perspektivy rossiiskogo prirodnogo gaza v evropeiskom toplivno-energeticheskom komplekse* [Prospects for Russian natural gas in European fuel and energy complex]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal*, 2021, no. 2, pp. 137-146.
17. Simonov E. A. *Mirovye tendentsii razvitiia gidroenergetiki v 2020 g.: tematiceskii obzor* [Global trends in development of hydropower in 2020: thematic review]. Available at: https://www.researchgate.net/publication/354545316_Mirovye_tendencii_razvitiia_gidroenergetiki_v_2020_g_TEMATICESKIJ_OBZOR (accessed: 08.01.2023).

Статья поступила в редакцию 10.01.2023; одобрена после рецензирования 28.02.2023; принята к публикации 03.03.2023
The article was submitted 10.01.2023; approved after reviewing 28.02.2023; accepted for publication 03.03.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Игорь Анатольевич Агафонов – кандидат химических наук, доцент; доцент кафедры экономики промышленности и производственного менеджмента; Самарский государственный технический университет; yuhan@mail.ru

Оксана Сергеевна Чечина – доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой экономики промышленности и производственного менеджмента; Самарский государственный технический университет; ChechinaOS@yandex.ru

Игорь Евгеньевич Шафранский – кандидат медицинских наук; директор высшей школы менеджмента и технологий; Самарский государственный технический университет; vshmt20@mail.ru

Igor A. Agaphonov – Candidate of Sciences in Chemistry, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Industrial Economics and Production Management; Samara State Technical University; yuhan@mail.ru

Oksana S. Chechina – Doctor of Sciences in Economics, Professor; Head of the Department of Industrial Economics and Production Management; Samara State Technical University; ChechinaOS@yandex.ru

Igor E. Shafranskii – Candidate of Sciences in Medicine; Director of the Higher School of Management and Technologies; Samara State Technical University; vshmt20@mail.ru

