

ЭНЕРГЕТИКА ЖАНА УНАА

ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ

ENERGY AND TRANSPORT

УДК 620.92: 629.039.58

**ЭЛЕКТР ЧОРДОНДОРУНУН ТҮРЛӨРҮН
ДИВЕРСИФИКАЦИЯЛОО – ӨЛКӨНҮН ЭНЕРГИЯ
КООПСУЗДУГУН АРТТЫРУУ ЖОЛУ**

**ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ВИДОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ –
ПУТЬ К ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ**

**DIVERSIFICATION OF TYPES OF POWER PLANTS -
THE WAY TO THE ENERGY SECURITY OF THE
COUNTRY**

Аширалиев А., Кокумбаева К. А.
Ashiraliev A., Kokumbaeva K. A.

Электр энергиясын өндүрүп алуунун көптөгөн жолдору бар. Учурда дүйнөдө басымдуулук кылган жолу – жылуулук электр борборлору (ЖЭБ). ЖЭБдин зыяндуу тарабы – Жердин желкабы-гына (атмосфера) зыяндуу заттарды бүркүп чыгарып, экологиялык жана климаттык терс таасирдүү өзгөрүүлөрдү алып келүүсү. Кыргызстандын өзгөчөлүгү – электр энергиясынын 80%дан ашыгы суу электр чордондорунда (СЭЧ) өндүрүлөт. Чордондордун бир түрүнүн басымдуулук кылышынын зыяндуу жактары – суу тартылып калса эле, электр энергиясынын таңкыстыгы пайда болуп, өлкөнүн энергия коопсуздугуна терс таасирин тийгизүүсү. Кыргызстанда электр энергиясын иштеп чыгуучу чордондордун ар түрдүүлүгүн камсыздоо (диверсификациялоо) аркылуу өлкөнүн энергетикалык коопсуздугун бекемдөөгө сунуштарды иштеп чыгуу. Учурда кеңири таралган электр чордондордун оң жана терс таасирлерин талдоо. Анын жыйынтыгы боюнча Кыргызстандын шарты үчүн жигердүүлүк алып келүүчү түрлөрүн илимий негиздеп, сунуштоо. Электр чордондордун бир түрүнүн басымдуулук кылышынан арылуу үчүн, курулушу бүтө элек: жаратылыш газы менен иштөөчү ЖЭБ-2ни, Камбар-Ата-2 суу электр чордонун куруп, ишке киргизүү, азыр көмүр менен иштеп жаткан ЖЭБ-1ди жаратылыш газы менен иштөөгө которуу. Борбордук Азия аймагындагы энергетика жана мелиорация маселелерин

айкалыштыра чечүү үчүн Камбар-Ата-1 СЭЧин куруп, ишке киргизүү, чачырабаган чордондордон (күн жана шамал энергияларынан) иштелип чыккан электр энергиясынын көлөмүн 15-20%га жеткирүү иштерин “себилген энергетика” концепциясынын алкагында аткаруу, Кыргызстандын электр энергия тутумунун тең салмактуулугун жана коопсуз-дугун камсыздаары такталды.

Электроэнергия вырабатывается различными видами электростанций. В настоящее время в мире преобладают теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Главный недостаток ТЭЦ – выброс в атмосферу Земли вредных газов и газовых смесей, что является основной причиной нежелательных, вредных экологических и климатических изменений в глобальном масштабе. Особенность Кыргызстана – более 80% электроэнергии вырабатывается в гидроэлектростанциях (ГЭС). В засушливый период, когда уменьшается объем потока воды, гидрогенераторы не могут работать в номинальном режиме, и время от времени появляется дефицит электроэнергии в стране. Целью данного исследования является разработка предложений по повышению безопасности электроэнергетической системы страны путем диверсификации видов энерговырабатывающих станций. Анализ преимуществ и недостатков различных видов электростанций. По результатам анализа выработать предложение о наиболее эффективных видах электростанций для условий Кыргызстана. Уточнено, что монополия одного вида электростанций имеет свои недостатки. Для устранения их в Кыргызстане необходимо: завершить строительство недостроенной ТЭЦ-2, работающей на природном газе, и ГЭС “Камбар-Ата-2”; модернизировать ТЭЦ-1, работающую на угле, переведя ее на природный газ. Для параллельного решения проблем энергетики и мелиорации в Центральноазиатском регионе необходимо построение ГЭС “Камбар-Ата-1”, довести долю электроэнергии, вырабатываемой от энергии солнца (СЭС) и ветра (ВЭС), до 15–20%. Выполнение этих диверсификационных работ обеспечивает равновесие по видам электростанций, что в свою очередь увеличивает надежность, безопасность целой электроэнергетической системы КР.

Electricity is generated by various types of power plants. Currently, the world is dominated by heat and power plants (CHP). The main drawback of CHP is the release of harmful gases and gas mixtures into the Earth's atmosphere, which is the main cause of undesirable, harmful environmental and climate changes on a global scale. A feature of Kyrgyzstan is that more than 80% of electricity is generated in hydroelectric power plants (HPPs). HPPs, although they do not emit harmful gases into the atmosphere, have negative aspects. During the dry period, when the volume of water flow decreases, hydroelectric generators cannot operate in the nominal mode and from time to time there is a shortage of electricity in the country. The purpose of this study is to develop proposals for improving the security of the country's electricity system by

diversifying the types of power generating stations. Analysis of the advantages and disadvantages of various types of power plants. Based on the results of the analysis, develop a proposal on the most efficient types of power plants for the conditions of Kyrgyzstan. It is clarified that the monopoly of one type of power plants has its drawbacks. To eliminate them in Kyrgyzstan, it is necessary: to complete the construction of the unfinished CHP-2, operating on natural gas and the Kambar-Ata-2 HPP; to modernize coal-fired CHP-1, converting it to natural gas, in order to simultaneously solve the problems of energy and land reclamation in the Central Asian region, it is necessary to build the Kambar-Ata-1 HPP, to increase the share of electricity generation powered by solar energy (SPP) and wind (WPP)) up to 15-20%. The implementation of these diversification works ensures the balance in terms of types of power plants and the reliability and safety of the entire electric power system of the Kyrgyz Republic.

Түйүн сөздөр: энергия, электр энергиясы, экинчилик энергия, чордон, жылуулук электр борбору, суу электр чордону, чачырабаган чордон, кун чордону, шамал чордону, Жердин желкабыгы, топтолгон суу, потенци-алдык энергия, атомдук энергия.

Ключевые слова: энергия, электроэнергия, вторичная энергия, станция, теплоэлектроцентр, гидроэлектростанция, не выплескивающая станция, солнечная станция, ветряная станция, атмосфера Земли, накопленная вода, потенциальная энергия, атомная энергия.

Keywords: energy, electric power, secondary energy, station, thermal power center, hydroelectric power station, non-splash station, solar station, wind station, earth's atmosphere, accumulated water, potential energy, nuclear energy.

Актуальность проблемы

Повседневную жизнь человека, общества и государства невозможно представить без потребления какого-либо вида энергии. Первоисточником всех существующих видов энергии, накопленных природой в течение миллиардов лет, является солнечная энергия. При этом благодаря умственной деятельности человека способы использования энергии непрерывно совершенствовались с целью получения её максимальной эффективности.

Так, в самом начале своего развития человеку была доступна только энергия мышц его тела. Затем человек научился получать и использовать энергию огня. В следующий виток развития человеческого общества появились возможности использования

энергии воды и ветра. Создавались водяные и ветряные мельницы, водяные колеса, парусные суда, использующие силу ветра. В XVIII веке была изобретена паровая машина, в которой тепловая энергия, полученная в результате сжигания угля или древесины, превращалась в энергию вращательного или поступательного механического движения. Затем, в XIX веке, была открыта вольтовая дуга, электрическое освещение, изобретен электродвигатель, а затем и электрогенератор.

Одним из великих открытий человечества является *электричество*, которое в процессе использования не оставляет золу в топке и не выплескивает дым через дымоход. Особенностью электричества является то, что в природе не существует готового вида для прямого потребления. Для потребления электрическая энергия вырабатывается различными способами. То есть электричество – это *вторичная* энергия. Для ее выработки необходимо затратить какое-то количество *первичной* энергии. По видам потребляемой *первичной* энергии электростанции могут быть:

Техногенные источники: электростанции, вырабатывающие электроэнергию путем сжигания топлива для нагрева воды до кипения, получения водяного пара и с его помощью вращение турбогенератора (теплоэлектрические центры (ТЭЦ)). При этом в качестве исходного топлива используются дрова, уголь, нефтепродукты, биогаз, природный газ, водород (водородные электростанции пока не нашли широкого применения), энергия термоядерной реакции (атомные электростанции (АЭС)).

Природные источники: энергия солнца, ветра и потенциальная энергия накопленной воды. Электростанции данной группы также можно называть станциями, “*не вплескивающими вредные вещества*”. Солнечная энергия используется в двух видах: солнечные электростанции (СЭС), состоящие из солнечных аккумуляторов, собранных из блоков фотоэлементов, где вырабатывается постоянный электрический ток; солнечные теплостанции (СТС), состоящие из коллекторов, наполненных жидким теплоносителем, где накапливается тепло от солнечной

энергии. В ветряных электростанциях (ВЭС) постоянный электрический ток вырабатывается путем вращения винта ветрогенератора с помощью силы ветра. В гидроэлектростанциях (ГЭС) переменный электрический ток вырабатывается путем вращения вала гидрогенератора с помощью потенциальной энергии воды, накопленной в водохранилище ГЭС.

Каждый из видов электростанций наряду с их преимуществами имеет и недостатки, существенно влияющие на энергобезопасность региона или страны в целом. Виды и место строительства электрических станций зависит от экономических, климатических условий, а также от географического и геополитического положения государства. В связи с изменчивостью вышеперечисленных факторов во многих странах мира до сих пор не найдено сбалансированного соотношения по видам электростанций. Такое положение время от времени вызывает энергодефицит в стране, что в свою очередь ведет к остановке промышленных, аграрных перерабатывающих и других предприятий, создает дискомфортные условия в быту граждан страны.

В Кыргызстане имеет место дисбаланс по видам электрических станций, который время от времени вызывает энергодефицит в стране с последующими негативными действиями для ритмичной работы промышленных предприятий, а также создавая дискомфортные условия в повседневной жизни граждан. Поэтому анализ состояния и выявление причин, негативно влияющих на энергобезопасность страны, а также поиск путей их понижения или полного устранения является *актуальнейшей задачей* для Кыргызстана.

В данной статье сделана попытка анализа состояния электровырабатывающих станций по их видам, соотношений видов в общем объеме выработки электроэнергии как в мировом масштабе, так и в пределах Кыргызстана. Уточнены причины, влияющие на энергобезопасность страны, и разработаны и предложены пути

снижения степени их негативного действия или их полного устранения.

Современное состояние выработки электроэнергии в мире

Энергетика в широком значении – любая область человеческой деятельности, связанная с производством и потреблением энергии. В настоящее время подавляющая часть энергетики обеспечивается потреблением энергии, вырабатываемой при сжигании органического ископаемого топлива (дрова, уголь, нефть и нефтепродукты, природные и сжиженные газы и др.), что в свою очередь приводит к выбросу в атмосферу Земли огромного количества загрязняющих веществ. На рисунке 1 приведено состояние (на 2019 г.) выработки электроэнергии в мире по видам первичной энергии. Видно, что 63% выработанной электроэнергии производится в теплоэлектрических центрах (ТЭЦ), употребляющих в качестве топлива уголь (36%), природный газ (23%) и нефтепродукты (4%) [1]. То есть до настоящего времени в мире преобладают электростанции, выплескивающие вредные вещества в атмосферу Земли.

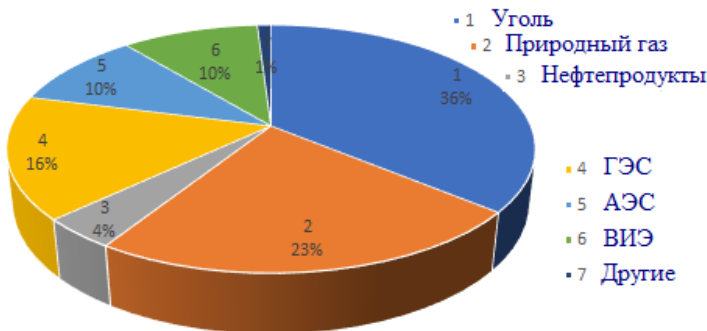


Рисунок 1– Производство электроэнергии в мире по видам первичной энергии

(2019 г.) [<https://renen.ru/vie-bez-uchyota-ges-vpervye-oboshli-atomnuyu-energetiku/>]

В развитых странах Евросоюза (ЕС), за исключением Франции, также преобладают электростанции, выплескивающие вредные вещества в атмосферу Земли. В таких электростанциях вырабатывается 50–70% электроэнергии (рисунок 2).

В электроэнергетической системе Германии преобладают теплоэнергетические центры (ТЭЦ). В ТЭЦ вырабатывается 52% электроэнергии, и конкурентными видами электростанций являются: ВЭС–20,4%, АЭС–13,3%, СЭС–8,4%. Эти 4 вида электростанций составляют основу электроэнергетической системы ФРГ. Достаточно высокими темпами развиваются также электростанции, работающие от биогаза, в которых в 2018 г. выработаны 8,3% электроэнергии страны. Существует государственная программа об отказе от АЭС и ТЭЦ и усиление выработки электроэнергии в ВЭС и других видов “невыплескивающих” вредных веществ электростанций.

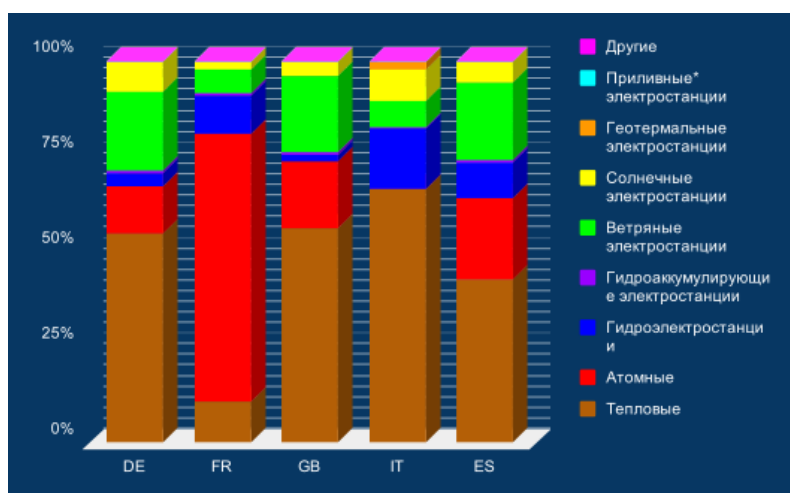


Рисунок 2– Структура производства электроэнергии крупнейшими странами

ЕС по видам первичной энергии за 2019 год [<https://ru.wikipedia.org/wiki/>]

В электроэнергетической системе Франции доминируют АЭС – 70%. Конкурентными видами являются: ТЭЦ–11%, ГЭС–10%. Эти 3 вида станций являются основой электроэнергетической системы страны. Видно, что во Франции имеет место преобладание одного вида электростанций –АЭС.

В Великобритании больше половины электроэнергии вырабатывается ТЭЦ (50,9%). Значительная часть вырабатывается ВЭС (23%), СЭС (12,7%), АЭС (8,8%). Эти 4 вида электростанций составляют основу электроэнергетики страны. В

электроэнергетической системе Великобритании также преобладают ТЭЦ. В электроэнергетической системе Италии доминируют ТЭЦ – 66,4%. Конкурентными являются ГЭС–15,8%, ВЭС–7%, СЭС–8%. Основу электроэнергетической системы Италии составляют эти 4 вида электростанций. Очевидно, что в Италии также преобладает один вид электростанций – ТЭЦ. В электроэнергетической системе Испании в меньшей степени, чем у других развитых стран ЕС, но все же преобладает ТЭЦ– 43%, следующими по значимости являются АЭС–21,4%, ВЭС–20,4% и ГЭС–9%, последние в совокупности вырабатывают 50,8% электроэнергии страны.

Подводя итог, можно заключить, что в передовых странах ЕС (за исключением Франции) имеются государственные программы, направленные на обеспечение страны электроэнергией 3–4 конкурентными видами электровырабатывающих станций. В электроэнергетической системе Франции имеется особенность – доминирование одного вида электростанций – АЭС. Имеется государственная программа по уменьшению доли ТЭЦ в общем объеме выработки электроэнергии до минимально возможного уровня. Такого рода программы также имеются в Германии. В конце 2019 года специальная государственная комиссия Германии по выработке электроэнергии внесло предложение об отказе от ТЭЦ и АЭС до 2038 года, развивая при этом ВЭС и СЭС [2].

Соотношение видов электровырабатывающих станций в Кыргызстане

Нынешнее положение соотношений видов вырабатывающих электроэнергию станций Кыргызстана, унаследованное от СССР, за 30 лет независимости не претерпело значительных изменений и не достигло достаточного развития (рисунок 3).

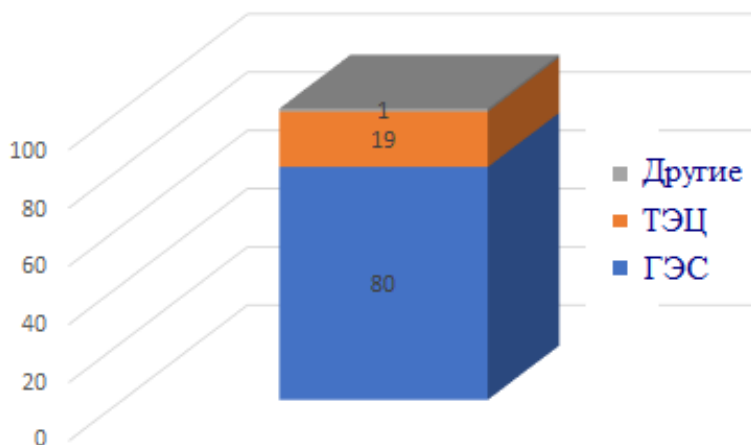


Рисунок 3 – Структура производства электроэнергии в Кыргызстане по видам первичной энергии (на 2019 год)

В Кыргызстане 80% электроэнергии вырабатывается на ГЭС, 19% – на ТЭЦ, расположенных в городах Бишкек и Ош, и только около 1% электроэнергии вырабатывается различными типами электростанций (мини, микро-ГЭС, солнечных батарей ветряных генераторов), работающих в частных секторах [3]. Видно, что в электроэнергетической системе Кыргызстана доминирует один вид электростанций – ГЭС. Причем эти ГЭС привязаны к нижнему течению реки Нарын и размещены в основном на территории Джалал-Абадской области. Такое состояние имеет свои недостатки. В засушливые годы главная ГЭС (Токтогульская) страны не может работать на полную мощность из-за недостаточного уровня воды в её водохранилище. В стране время от времени возникает дефицит электроэнергии в значительном объеме. Появляется необходимость импорта электроэнергии из других стран Центральной Азии.

Следовательно, для обеспечения электроэнергетической безопасности Кыргызстана, в смысле достаточности электроэнергии, необходимо достижение широкого применения других видов электровырабатывающих станций, то есть диверсификация их видов.

Вредные стороны широкораспространенных видов электростанций

ТЭЦ. Независимо от применяемого вида топлива любая ТЭЦ выплёскивает в атмосферу Земли вредные вещества, такие как углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторуглерода (ГФУ), перфторуглерода (ПФУ), гексафторид серы (SF_6), большая концентрация которых вызывает парниковый эффект в атмосфере. Из этих вредных веществ самым влиятельным является углекислый газ.

На рисунке 4а приведена динамика изменения концентрации CO_2 в составе атмосферы Земли по годам. Видно, что до 40-х годов прошлого века концентрация углекислого газа увеличивалась, но темпы ее роста были невысокими. Начиная с 1940 года наблюдается интенсивный рост [4]. Одной из причин такого явления является мировая индустриализация с развитием новых технологий, особенно в таких отраслях, как энергетика и металлургия, предприятия которых интенсивно выплескивали вредные вещества в атмосферу, в том числе и углекислый газ.

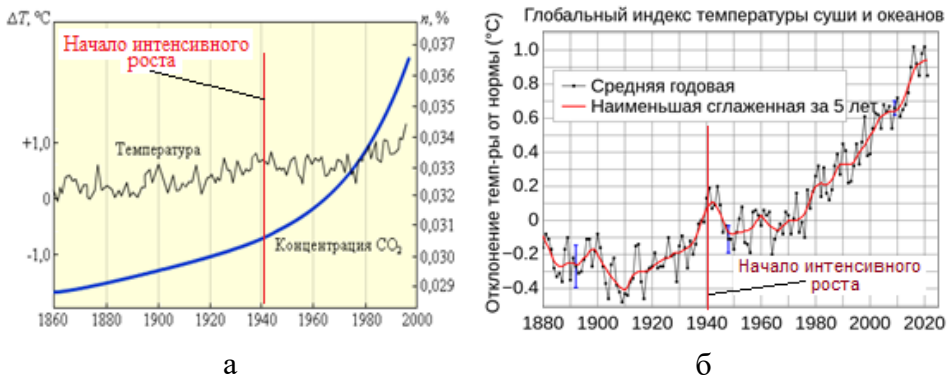


Рисунок 4 – Сравнение характера изменения концентрации CO_2 в атмосфере Земли и глобального индекса температуры суши и океанов

<https://onznnews.wdcb.ru/edbrd.html>;
https://ru.wikipedia.org/wiki/BB:Global_Temperature_Anomaly.svg

На рисунке 4б приведен среднегодовой и наименее сглаженный за 5 лет глобальный индекс изменения температуры

Земли. Видно, что интенсивный рост температуры Земли также берет начало с 1940 –1945 годов, затем до 1950 года немного падает, после 1960 года интенсивность повышения температуры резко повышается, и такая интенсивность держится до настоящего времени. Причем если сравнивать графики изменения концентрации CO_2 (рисунок 4а) и глобального индекса изменения температуры Земли (рисунок 4б), их характер в достаточно точной степени повторяет друг друга, и наблюдается их синхронность по годам. Это позволяет сделать вывод, что:

- научные гипотезы о глобальном потеплении действительно имеют место быть;
- одной из основных причин этого является увеличение концентрации углекислого газа и других вредных веществ в атмосфере Земли, вызывающих парниковый эффект;
- основными источниками (кроме естественных источников), выделяющих парниковые газы, являются ТЭЦ, работающие на угле и нефтепродуктах в большей степени и природном газе в меньшей степени.

Проблемы глобального потепления обсуждались во многих международных научно-практических конференциях, форумах, симпозиумах, и по их результатам приняты многочисленные документы международного значения. Важнейшими из которых являются Киотский протокол (1997), Парижское соглашение (2015). К сожалению, из-за несовпадения политических, геополитических интересов и взглядов не удастся решить многие проблемы, решение которых предусмотрено в тех документах.

Под действием глобального потепления интенсивно тают полярные льды Антарктики и Арктики, ледники горных вершин, почвы зоны вечной мерзлоты. Эти явления вызывают повышение уровня Мирового океана, затопление значительной части суши, уменьшение площади суши, пригодной для жизнедеятельности, исчезновение ледников, обмеление или высыхание рек.

Для энергосистемы Кыргызстана представляет опасность исчезновение ледников и обмеление рек, особенно реки Нарын, на

которой построен каскад из 7 ГЭС, вырабатывающих 80% электроэнергии страны. Поэтому диверсификация видов электровырабатывающих станций и равномерное распределение объемов вырабатываемой электроэнергии по видам станций являются одним из возможных путей обеспечения безопасности энергосистемы Кыргызстана.

АЭС. Современные атомные электростанции хотя и имеют достаточную надежность, но в мировой практике к настоящему времени случилось около 25 случаев аварий или аварийных ситуаций. Два случая из них: Чернобыльский (1986, СССР), Фукусимский (2011, Япония) были оценены по шкале INES МАГАТЕ (Международное агентство по атомной энергии) самой высокой сложности – 7 степени [5]. Негативные последствия этих аварий до настоящего времени не устранены полностью.

Если причиной взрыва 4 блока Чернобыльской АЭС была неисправность непосредственно внутри энергоблока, то на Фукусимской АЭС было нарушение системы аварийного энергообеспечения насосов системы охлаждения энергоблока из-за цунами после землетрясения. Какую бы степень надежности АЭС не обеспечивали, нет гарантии, что в них не случаются поломки, аварии или аварийные ситуации. Самая опасная сторона АЭС – это в случае аварии происходит выброс радиоактивных изотопов, период полураспада которых составляет несколько десятилетий, а у некоторых изотопов (цезий 137) более 100 лет. На такой длительный период времени значительная площадь земли вокруг АЭС останется опасной и непригодной для пользования.

Химические радиоактивные элементы: *уран, торий, плутоний* и др., являющиеся “топливом” АЭС, добывающиеся в недрах Земли, относятся к истощаемым видам топлива. Современные технологии их переработки относятся к “грязным” технологиям, оставляющим за собой ядовитые хвостохранилища и горные отвалы. В Кыргызстане существует 92 таких вредных объекта, крупными из которых являются: Майлуу-Суйское, Кара-Балтинское, Сумсарское, Шакафтарское, Актюзское, Мин-Кушское, Каджи-Сайское

хвостохранилища. Самыми опасными из них являются 14 Майлуу-Суйских хвостохранилищ, расположенных в оползневой зоне. В случае попадания их содержимого в речку Майлуу-Суу пострадает все 15- миллионное население Ферганской долины [6].

АЭС является высокотехнологичным объектом, требующим высокую культуру строительства, эксплуатации и обслуживания. Без подготовки высококвалифицированных специалистов, с четкой культурой эксплуатации и обслуживания, в Кыргызстане нет острой необходимости строительства АЭС.

ГЭС. В электроэнергетической системе Кыргызстана в основном работают крупные ГЭС мощностью более 25 МВт. Для таких станций необходимо наличие плотины и водохранилища с большим объемом воды. В классификации ГЭС входят в группу “невыплескивающих вредных веществ”, и считается, что они не приносят экологического вреда. В действительности водохранилища ГЭС вызывают нежелательные геологические, гидрологические, климатические и социальные изменения, а её плотина нарушает установившийся баланс экосистемы. Так, при строительстве Токтогульской ГЭС, сооруженной на реке Нарын, под водой оказались 24 тысячи гектаров плодородной земли, в зоне затопления находилось 4 тысячи домов, кирпичный завод и аэропорт “Токтогул”. Кроме этого, переселены 18 тысяч человек в новые, неосвоенные места, а также перезахоронены 10 тысяч останков [7].

Водные ресурсы и основанная на них гидроэнергетика являются прямозависимой оторавью от климатических изменений. Согласно исследованиям ООН [8], если глобальное потепление будет происходить такими темпами, то к 2100 году среднегодовая температура повысится на 4°C выше нормы. Такое положение может вызвать уменьшение выпадения атмосферных осадков до 6 мм, а это в свою очередь может привести к обмелению рек и появлению опасности остановки работ ГЭС.

Для основной в Кыргызстане ГЭС – Токтогульской, уровень воды в водохранилище ниже 9 млрд кубометров считается началом

нижнего критического объема, а если уровень снизится до 6 млрд кубометров, то уже невозможно будет вырабатывать электроэнергию. На рисунке 5а приведен график динамики опускания объема воды ближе к нижнему критическому объему за последние 13 лет [9]. Видно, что в рассматриваемый период времени объем воды четырежды опускался ближе к нижней критической отметке. Самый низкий уровень отмечался в мае 2009 года (6,7 млрд м³). Предполагается, что к маю текущего 2022 года уровень может опуститься до 7,5 млрд м³. Следы уменьшения объема воды за 2022 год видны на рисунке 5б.



Рисунок 5 – Динамика изменения объема воды в водохранилище Токтогульской ГЭС: а – динамика приближения к нижней критической отметке, б – следы опускания уровня воды

Кыргызстан – горная страна. Поэтому считается перспективным строительство **средних** (до 25 МВт) и **малых** (до 5 МВт) ГЭС на многочисленных малых речках. Но их строительство незначительно влияет на электроэнергетическую безопасность страны, так как в засушливые годы в этих малых речках также будет чувствоваться дефицит воды. Такие ГЭС выгодны для сел, расположенных вдоль горных рек, вдали от системы большой энергетики.

Зеленая энергия (ядоневыплёскивающая энергия). *Солнечная* и *ветряная* энергия – как первичная энергия для выработки электрической энергии кажется бесплатным, неиссякаемым и дешевым источником. Кроме этого, стоимость 1

кВт*часа электроэнергии, вырабатываемой в них из года в год, уменьшается. Несмотря на преимущества, электростанции такого типа не находят широкого применения из-за ряда ограничивающих факторов [2]. Таких факторов много, но 4 из них являются определяющими:

- дороговизна основных элементов (солнечных фотопанелей и ветрогенераторов);
- недостаточные показатели EROEI (energy returned on energy invested);
- отведение значительной площади земли для установки фотопанелей и проблемы утилизации их после окончания срока работы [10];
- непостоянство мощности во времени и остановка в неветряную погоду, а также угроза для перелетных птиц и летучих мышей. [11, 12].

Несмотря на эти недостатки, в решении задачи диверсификации видов электростанций в Кыргызстане необходимо найти пути расширения внедрения солнечных и ветряных электростанций. При этом обязательно использовать достижения передовых стран в данной области.

Рекомендуемые пути диверсификации типов электростанций в Кыргызстане

В развитых странах мира наблюдается тенденция равномерного распределения объема вырабатываемой электроэнергии между следующими 4 видами электростанций: *теплоэлектрических, гидроэлектрических, атомных и “зеленых” (солнечных и ветряных)* в различном сочетании, в зависимости от географического расположения и других условий страны. Причем “зеленые” виды электростанций развиваются быстрыми темпами. Считаются перспективными также ТЭЦ, работающие на природном газе или водородном топливе, АЭС, работающие на управляемой термоядерной реакции, геотермальные станции, ГЭС, работающие за счет морских и океанических волн. Но эти виды электростанций пока

не доведены до достаточного уровня практического применения. Учитывая эти тенденции, диверсификацию видов электростанций в Кыргызстане предлагается выполнять в следующей последовательности:

1. Необходимо достроить и повторно ввести в эксплуатацию Бишкекскую ТЭЦ-2, работающую на природном газе. Строительство ТЭЦ-2 было начато в 1986 году и фактически завершено. В начале 1990 года объект запускался в тестовом режиме, однако на полную мощность он так и не заработал. Теплоэлектроцентраль проработала три месяца, а затем была остановлена, частично ограблена, и на части её территории построены частные жилые дома. Проектная мощность данной теплоэлектроцентрали, работающей на природном газе, составляет 300 МВт. С вводом ТЭЦ-2 в эксплуатацию долю ТЭЦ в энергovyработке Кыргызстана можно поднять с 19 до 30%.
2. С целью улучшения экологических показателей города Бишкек, некогда являющегося самым чистым и зеленым городом СССР, а ныне представляющим одним из загрязненных городов мира [13], необходимо также и ТЭЦ-1 перевести на природный газ. Часть тепла, вырабатываемого на ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, работающих от природного газа, необходимо использовать для системы центрального теплоснабжения новых поселений (микрорайонов) города с частными домами.
3. В ближайшей перспективе необходимо достроить оставшуюся часть ГЭС «Камбар-Ата-2» и заново построить ГЭС «Камбар-Ата-1». При этом решаются 2 задачи:
 - вопрос сбалансирования энергетических и ирригационных проблем с соседними странами Центральной Азии;
 - экспорт электроэнергии в Афганистан и Пакистан по ценам международного стандарта согласно проекту CASA-1000.
4. Естественно, необходимо расширять использование электрической энергии, вырабатываемой от энергии *солнца* и *ветра*, с освоением мировых передовых технологий в данной

отрасли. При освоении энергии солнца и ветра обратить особое внимание на значение показателя EROEI (energy returned on energy invested) – отношение объема выработанной электроэнергии к объему затраченной энергии для получения такого объема электроэнергии (***EROEI = выработанный объем электроэнергии / затраченный объем энергии***)

В отличие от расчетов, учитывающих теоретической КПД и непрерывно изменяющиеся цены 1 кВт*часа электроэнергии, EROEI позволит определить, какой вид источника электроэнергии перспективен для конкретных условий. Например, значение EROEI 40:1 означает, что, используя 1 кВт*час какого-то типа первичной энергии, можно получить 40 кВт*час электрической энергии. Показатели EROEI по одному и тому виду первичной энергии в разных странах могут быть различными. Из-за отсутствия данных по показателям EROEI по Кыргызстану в качестве примера в таблице 1 приведены значения EROEI для условий США.

Таблица 1

EROEI (для США)	Вид первичной энергии для выработки электроэнергии
100:1	Потенциальная энергия накопленной воды (ГЭС)
80:1	ТЭЦ, работающая на угле
34:1	Солнечная энергия (фотоэлектрические плитки, СЭС)
18:1	Энергия ветра (ВЭС)
10:1	Природный газ (ТЭЦ)
1,9:1	Солнечный коллектор (плоские теплоаккумуляторы)

С теоретической точки зрения, чтобы считать тот или другой способ получения электроэнергии пригодным, значения его должны быть больше единицы ($EROEI > 1:1$). Если $EROEI < 1$, то получаемая электроэнергия становится излишне энергосъедающей, которую называют “*электроэнергия каннибал*”. С точки зрения практики только в случае $EROEI > 4:1$ способ получения электроэнергии считается прибылеприносящим. В противном случае

($1:1 < \text{EROEI} < 4:1$) способ получения электроэнергии становится дотационным.

Естественно, любое государство стремится к применению источника выработки электроэнергии с максимальным значением EROEI. Но показатель EROEI не стабилен, имеет свойство изменяться в зависимости от условий и цены на топливо (первичной энергии) и технологии его переработки, стоимости применяемого оборудования и др. Например, в начале XX века, когда месторождения нефти находились в легкодоступных регионах и ближе к поверхности земли, бывали случаи, когда EROEI нефтедобычи имел фантастическое соотношение 1200:1. В нынешних условиях, когда нефтедобыча в основном осуществляется в труднодоступных регионах, глубоко под землей, среднемировое соотношение EROEI составляет лишь 5:1 и имеет тенденцию к падению [2]. Среднемировые показатели EROEI угля в настоящее время составляют значительно высокое соотношение – от 30:1 до 75:1 [2]. Поэтому такие перспективные виды, как солнечные и ветряные электростанции, до сих пор не могут составить достойную конкуренцию с ТЭЦ, работающую на угле.

Перспективность концепции распределенной энергетики

В настоящее время в мировой практике широко распространяется перспективная концепция *“распределенная энергетика”*. Основной идеей этой концепции являются установка на местах потребления маломощных (3–100 кВт) электростанций, работающих от *“зеленой”* первичной энергии (солнца, ветра, потенциальная энергия накопленной воды и др.) для обеспечения местных потреблений, а излишки передавать в качестве дополнения или продавать в систему *“большой энергетики”*. Вся эта система объединяется в единый цифровизированный узел, через который осуществляется учет, управление, контроль и регулирование энергопотребления.

В инфраструктуре Кыргызстана, по сравнению с другими отраслями, *электроэнергетика* – основанная на ГЭС, развита на

достаточно высоком уровне. Но она время от времени, в засушливые годы, нуждается в дополнительной поддержке других видов электровырабатывающих станций. Применение концептуальной схемы “распределенная энергетика” и может служить ключом в решении данной проблемы. Для этого необходимо:

- на местах построить солнечные электростанции, состоящие из многочисленных фотоэлектрических плит, объединенных в единую систему. Чтобы не занимать отдельные земельные участки, фотоэлектрические плиты необходимо устанавливать на южных стенах, склонах крыш жилых домов, социальных и промышленных зданий, заборов и других сооружений;
- в ветряных местах устанавливать ветроэлектростанции, состоящие из нескольких ветрогенераторов, установленных на опорах значительной высоты и объединенных в единую систему для управления, контроля, учета и распределения вырабатываемой электроэнергии;
- разработать схемы соединения электровырабатывающих солнечных плит и ветрогенераторов с возможностью обмена информацией для управления и передачи выработанной электроэнергии в систему “большой энергетики”, а также обратного получения в необходимых случаях.

Выполнение вышеперечисленных работ создает условия для *просьюмерской* деятельности. То есть для реализации (продажи или обмена) излишка выработанной электрической энергии с предприятиями системы «большой энергетики» на взаимовыгодных условиях. В мировой практике применения налаженной системы «распределенной энергетике» спорные вопросы взаимоотношения решаются на основе законов о просьюмерстве каждой страны [10]. Следовательно, необходимо разработать и принять закон Кыргызской Республики о просьюмерстве.

На начальных стадиях освоения концепции «распределенной энергетике» необходимо покупать солнечные (фотоэлектрические плитки), ветряные (ветрогенераторы) элементы у передовых фирм и

в договоре с ними предусмотреть вопросы освоения серийного выпуска этих элементов в Кыргызстане.

Для обеспечения разумного баланса между видами вырабатывающих электростанций необходимо до 2030 года достигнуть объемов электроэнергии, вырабатываемых на «зеленых» (солнечных и ветряных) электростанциях, до 15–20%. Необходимо создать цифровизированную систему энергосыработки и энергопользования, обеспечивающую возможности получения точного учета вырабатываемой как в “*большой*”, так и в “*распределенной*” энергетике; эффективного распределения электроэнергии между потребителями; управления вопросов перераспределения электроэнергии в зависимости от изменяющихся условий. Технические, математические, алгоритмические и программные комплексы такой системы используются для выполнения следующих работ:

- отслеживание распределения мощностей в часы пик;
- увеличение точности учета энергопотребления;
- получение точных данных энергопотребления в зависимости от времени суток;
- контроль показателей измерительных приборов в сети;
- составление графика энергопотребления в зависимости от времени суток и их распределение между объектами согласно данному графику;
- накопление информации многолетней статистики энергопотребления и внесение их в базу данных;
- регулирование вопросов просьюмерской деятельности путем автоматического получения точных данных об излишках электроэнергии, вырабатываемой на местных электростанциях, передачи их в систему “*большой энергетики*”, а также обеспечение обратного возврата в необходимых случаях.

Заключение

Уточнено, что основной причиной понижения уровня электроэнергетической безопасности Кыргызстана является монополия одного вида электростанций – гидроэлектрических (ГЭС). 80% от общего объема электроэнергии вырабатывается в каскаде Токтогульских ГЭС, привязанных к реке Нарын. В засушливые и последующие годы в Токтогульском водохранилище не представляется возможным накопление достаточного объема воды. В стране возникает дефицит электроэнергии, вызывающий цепочку негативных воздействий на различные отрасли хозяйственной деятельности, а также на бытовые удобства граждан.

Установлено, для повышения уровня электроэнергетической безопасности страны необходима диверсификация видов станций, вырабатывающих электрическую энергию.

Уточнены и внесены предложения по осуществлению диверсификации видов электрических станций с целью повышения уровня безопасности энергообеспечения Кыргызстана:

- достроить и повторно ввести в эксплуатацию Бишкекскую ТЭЦ-2, работающую на природном газе. ТЭЦ-1, работающую на угле, перевести на природный газ;
- достроить оставшуюся часть ГЭС “Камбар-Ата-2” и заново построить ГЭС “Камбар-Ата-1”, что в свою очередь позволит окончательно решить вопросы сбалансирования энергетических и ирригационных проблем с соседними странами Центральной Азии, а также экспорта электроэнергии в Афганистан и Пакистан по ценам международного стандарта согласно проекту CASA-1000;
- расширить использование электрической энергии, вырабатываемой от энергии солнца и ветра, доведя уровень до 15–20% к 2030 году. Развивать данные работы в рамках концепции “распределенная энергетика” с освоением мировых передовых технологий и достижений в данной отрасли;

- создать цифровизированную систему энерговыработки и энергопользования, обеспечивающую возможности получения точного учета вырабатываемой как в “большой”, так и в “распределенной” энергетике; эффективного распределения электроэнергии между потребителями; управления вопросов перераспределения электроэнергии в зависимости от изменяющихся условий.

Литература

1. Прогноз развития электроэнергетики мира и России до 2040 года/ИНЭИ РАН – АЦ при Правительстве Российской Федерации / <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>.
2. Почему у «зелёной» энергетики сложное будущее? <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/481764/>.
3. ПРОЕКТ ООН. Национальный план действий по устойчивой энергетике Кыргызской Республики. – Бишкек, 2019. – С.68. https://unece.org/fileadmin/DAM/project-monitoring/unda/16_17X/E2_A2.3/NSEAP_Kyrgyzstan_RUS.pdf
4. Концентрации парниковых газов в атмосфере достигают очередного беспрецедентно высокого уровня. – 2019. <https://public.wmo.int/ru/media>.
5. Самые крупные аварии в истории атомной энергетики./ <https://www.rbc.ru/photoreport/09/02/2017/589c6fda9a79471bb97c44fa>.
6. Радиационный Кыргызстан. Где находится урановое наследие страны? https://24.kg/obschestvo/116749_radiatsionnyiy_kyrgyzstan_gde_nahoditsya_uranovoe_nasledie_strany.
7. Как строили гордость нашей энергетики — Токтогульскую ГЭС. Архивные кадры. <https://ru.sputnik.kg/20191222/kyrgyzstan-toktogulskaya-gehs-stroitelstvo-video-arhiv1046575053.html>.
8. Климатический профиль Кыргызской Республики./Ильясов Ш., Забенко О., Гайдамак Н., Кириленко А., Мырсалиев Н., Шевченко В., Пенкина Л. – Бишкек, 2013 – 99 с./

- http://climatechange.kg/wp-content/uploads/2014/12/Klimaticheskij-profil-KR_2014.pdf.
9. Специальный доклад МГЭИК по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата/ Межправительственная группа экспертов по изменению климата. – 2011 г. www.cambridge.org, www.ipcc.ch.
 10. Утилизация солнечных модулей (панелей). Проблемы, регулирование, практика. <https://renew.ru/pv-recycling-problems-regulation-practice/>.
 11. Ветроэнергетика и ветроэнергетические установки (Россия и мир) / <https://www.tadviser.ru/index.php>.
 12. Ветропарки: защита климата в ущерб живой природе? <https://www.dw.com/ru/a-50143198>.
 13. Аширалиев А., Кокумбаева К.А., Ташиев З.К. Теплогенератор с компактной паровой камерой и эффективным теплообменником – путь к энергоэффективности. /Вестник Казанского государственного энергетического университета. – Т. 13.– №1 (49). – Казань, 2021. – С. 107–117.