

УДК 620.9

## ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

**М.А.Рзаев**, канд.тех.наук, **С.Я.Новрузова**,

Нахчыванский Государственный Университет,

г.Нахчыван, Азербайджанская Республика, Азербайджанская Республика, город Нахчыван, Университетский городок, AZ 7012, Тел: +994 - 12- 477- 79-71 (дом), + 994-50-586-13-38 (моб), E-mail: maqammedrzayev@yandex.ru, + 994-50-398-25-63, E-mail: sevincrzayeva1969@gmail.com

*Рассмотрены технико-экономические показатели энергоустановок на возобновляемых источниках энергии в Нахчыванской Автономной Республике. В результате анализа установлено, что наиболее эффективными направлениями являются солнечная энергетика, ветроэнергетика, а также гидроэнергетика и биомасса. Библ. 5, табл. 3.*

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, ветроэнергетика, солнечная энергетика, гидроэнергетика, биомасса, геотермальная энергетика.

## RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ELECTRIC-POWER INDUSTRY OF NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

**Rzayev M.A.**, Ph.D. **Novruzova S.Y.**,

Nakhchivan State University,

Nakhchivan city, Azerbaijan Republic, Azerbaijan Republic, Baku, settlement, Yeni Guneshli, R/A, "D", house 31, flat 15. postcode AZ 1133, Phone: + 994-12-477-79-71; + 994-50-586-13-38, e-mail: maqammedrzayev@yandex.ru, Azerbaijan Republic, Nakhchivan, quarter 11, house 25, postcode AZ 7000. Phone: + 994-50-398-25-63, e-mail: sevincrzayeva1969@gmail.com

*Techno-economic indicators on renewable energy sources in Nakhchivan Autonomous Republic are studied. As a result of the analysis, it revealed that solar and wind power engineering are more effective trends, as well as hydropower engineering and biomass. References 5, tables 3.*

**Keywords:** renewable energy sources, wind power engineering, solar power engineering, hydraulic power engineering, biomass, geothermal power engineering.



Рзаев М.А.

Rzayev M.A.

В 1985 г закончил теплоэнергетический факультет Азербайджанского Института Нефти и Химии. В 1985-1988 г работал инженером-наладчиком. В 1988-1995 г работал на различных преподавательских должностях (ассистентом, старшей преподавателем и доцентом) в Азербайджанском Институте Нефти и Химии. В 1992 году защитил кандидатскую диссертацию и в 2000 г получил ученое звание доцента. В 1995-2017 годах преподавал в различных университетах Азербайджанской Республики. На данный момент преподает в Нахчыванском Государственном Университете и Азербайджанской Государственной Морской Академии. Опубликовано 50 научных трудов.

Область научных исследований: теплоотдача при вынужденных движениях жидкости в трубах; интенсификация теплоотдачи; повышение эффективности работы судовых котлов; режимы работы энергетических

Graduated from the faculty of heating energetics engineering at Azerbaijan Oil and Chemistry Institution in 1985. In 1985-1988 worked as engineer-fixer. In 1988-1995 he worked at different positions (as asisstant, senior teacher and assistant professor) at Azerbaijan Oil and Chemistry Institution. He defended his thesis in 1992 and in 2000 received the academic title of assistant professor. In 1995-2017 taught at different universities of Azerbaijan Republic. Currently teaches at Nakhchivan State University and at Azerbaijan State Marine Academy. Published 50 scientific articles.

Area of scientific research: heat transfer in compelled fluid movements in pipes; intensification of heat transfer; efficiency increase at ship boilers; operation modes of power units at partial loadings; renewable energy sources and the possibility using them for power generation.

Orcid: 0000-0002-4707-8847

блоков при частичных нагрузках; возобновляемые источники энергии и возможности их использования для выработки электроэнергии.

Orcid: 0000-0002-4707-8847



Новрузова С.Я.  
Novruzova S.Y.

Закончила факультет электроэнергетики Азербайджанского Индустриального Университета в 1991 г. В 1992-2002 гг работала инженером. В 2002-2010 гг работала старшим лаборантом, с 2010 г преподавателем, а с 2015 г по сей день – старшим преподавателем на кафедре "Энергетики" Нахчыванского Государственного Университета.

На данный момент проводит научно-исследовательскую работу в области энергетической безопасности и оценки ресурсов возобновляемой энергии Нахчыванской Автономной Республики. Опубликовано 15 научных статей, участвовала в 5 республиканских и международных научных конференциях.

Orcid: 0000-0003-4230-0661.

Graduated from the Azerbaijan State Industrial University in 1991. In 1992-2002 worked as an engineer. In 2002-2010 worked as a senior laboratory assistant, from 2010 as a teacher, and from 2015 until today – as a senior teacher at Chair of Energetics at Nakhchivan State University.

Currently conducts scientific research in the field of energy security and assessment of renewable energy resources of the Nakhichevan Autonomous Republic. Published 15 scientific articles, participated in 5 republican and international scientific conferences.

Orcid: 0000-0003-4230-0661.

**Введение.** В конце XX столетия в Нахчыванской Автономной Республики (НАР) с населением около 400 тысяч человек, находящейся в анклавной ситуации, возникли серьезные проблемы с энергообеспечением. Поскольку собственных традиционных органических ресурсов в республике нет, а подача электроэнергии со стороны Армении в НАР была полностью прекращена. После подключения энергосистемы НАР к энергосистемам Турецкой Республики и Исламской Республики Иран, а также подачи природного газа из Ирана проблема энергообеспечения НАР была в определенной степени решена. Однако актуальной остается проблема обеспечения как энергетической, так и экологической безопасности НАР.

Вопросы обеспечения энергетической безопасности является актуальным для многих стран Мира и в частности Европейской страны. Поэтому использование возобновляемых источников энергии в промышленных масштабах, является перспективным [2,5] и отвечает мировым тенденциям развития этого направления в энергетике, независимо от уровня запасов традиционных углеводородных энергоносителей [1,4,6].

**Постановка задачи.** Обеспечение энергетической безопасности в НАР требует использования возобновляемых источников энергии в Автономной Республике в промышленных масштабах,

которое является перспективным направлением в производстве электроэнергии. В данной работе для изучения возможности использования возобновляемой энергии в НАР был использован расчетно-теоретический метод.

**Результаты исследование.** Решение об использовании возобновляемых источников энергии принимается на основе анализа работы существующей энергосистемы, дефицита традиционных энергоресурсов, энергетической и экологической безопасности, а также энергетической эффективности. Основным показателем энергетической и технико-экономической эффективности является срок окупаемости затрат на энергоустановки. При выработке только электроэнергии из возобновляемых источников энергии срок окупаемости определяется по следующей формуле:

$$T_{ok} = \frac{C_k}{C_A 8760 K_i (1 + k_s - k_z)} \quad (1)$$

где:  $C_k$  – удельные капитальные затраты, €/КВт, установленной мощности;  $C_A$  – тариф на электроэнергию, €/КВт · час;  $K_i$  – коэффициент использования установленной мощности;  $k_s$  – коэффициент, учитывающий дополнительную выгоду ( $k_s=0,05-0,25$ );  $k_z$  – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты ( $k_z=0,05-0,25$ ).

Согласно решению Тарифного Совета Азербайджанской Республики были установлены цены на электроэнергию, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Тарифы электроэнергии в Азербайджане

Table 1 – Electricity tariffs in Azerbaijan

№ п/п	Название	Тарифы, Евроцент /кВт·час
1	Покупка от производителя:	
	Малые частные ГЭС	2,5
	Ветроэнергетические установки	2,75
	Другие виды альтернативных и возобновляемых источников энергии	2,85
2	Оптовая продажа	3,35
3	Розничная продажа:	
	Населению (при потреблении до 300 кВт · час в месяц)	4,12
	Населению (при потреблении свыше 300 кВт · час в месяц)	6,47
	Другие виды потребителей	5,29

Как показывает анализ, ветроэнергетика является одним из основных направлений возобновляемых источников энергии. Важным преимуществом ветроэнергетики является небольшой срок строительства отдельных установок. Лидерами в развитии ветроэнергетики и производстве оборудования для неё являются КНР, США, Германия, Дания и некоторые страны. В постсоветском пространстве лидерами в данной области является в частности, Украина.

Для Азербайджана ветроэнергетика является наиболее перспективным направлением. Согласно данным "Государственного Агенства по Альтернативным и Возобновляемым Источникам Энергии" в 2010 г. установленная мощность ВЭУ в Азербайджане составляла 27000 кВт. Годовая выработка электроэнергии в 2009 и 2010 гг. составила 2 млн. кВт·час и 500 тыс. кВт·час соответственно. За первые 7 месяцев 2017 г выработка электроэнергии ВЭУ составила 10,6 млн кВт·час.

Анализ ветровых условий НАР показывает, что в Автономной Республике среднегодовая скорость ветра составляет от 2,5 до 4,0 м/сек. Наибольшая скорость ветра наблюдается в Шахбузском, Джульфинском и Ордубадском районах

республики (4-5 м/сек.). Наименьшая скорость в Шарурском, Садаракском, Кенгерлинском районах (2,5-3,5 м/сек.). Согласно Гидрометеорологическому Центру "Нахчыван" в Автономной Республике ветреные дни составляют 200-250 дней в году (при V=8 м/сек. Количество ветреных дней равно 75, при V=2-4 м/сек. количество ветреных дней равно 120-170). При этом коэффициент использования установленной мощности составляет 0,3-0,5.

Срок окупаемости с учётом годовой выгоды от продажи выработанной электроэнергии при стимулирующих тарифах составит

$$T_{ok} = \frac{1500}{6,5 \cdot 8760 \cdot 0,4(1+0,1-0,15)} = 7 \text{ лет}$$

Внедрение ВЭУ со сроком окупаемости до 8 лет экономически целесообразно. Усовершенствование тарифной политики и стимулирование использования ВЭУ позволит повысить их экономическую эффективность [3].

Солнечная энергетика, так же как ветровая энергетика, обеспечивает экологически чистую энергию. Согласно данным Гидрометеорологического Центра "Нахчыван" плотность потока прямого солнечного излучения составляет 0,76-0,95 кВт/м<sup>2</sup>. Суммарная прямая солнечная радиация при ясном небе за год составляет 10492 МДж/м<sup>2</sup>. Количество солнечного времени в год составляет 2800 часов. Срок окупаемости солнечных энергетических установок определим по формуле (1) с учётом коэффициента использования установленной мощности.

$$K_i = \frac{N_{солн} K_{ТСП}}{8760} \quad (2)$$

где:  $N_{солн}$  – количество солнечных часов в году;  $K_{ТСП}$  – среднегодовое значение индекса ясности погоды.

Капитальные затраты на строительство солнечных фотоэлектрических электростанций составляет 1500-1800 €/кВт. Результаты расчёта срока окупаемости представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, строительство солнечной электрической станции в Нахчыване эко-

номически эффективно. Это подтверждается практикой эксплуатации Нахчыванской солнечной электрической станции мощностью 20 тыс. кВт, подключённой к энергосистеме НАР

с января 2016 г. За этот год было выработано 30 млн. кВт-час электроэнергии. С сентября 2017г. установленная мощность солнечной электрической станции доведена до 22 тыс. кВт.

Таблица 2 – Показатели солнечной энергетической установки

Table 2 – Indicators of solar power plant

Наименование показателя	Объект исследования	
	г.Нахчыван	г.Баку
Плотность потока солнечного облучения в июне, кВт/м <sup>2</sup>	0,97	0,84
Плотность потока солнечного облучения в декабре, кВт/м <sup>2</sup>	0,45	0,76
Индекс ясности в июне	0,94	0,7
Индекс ясности в декабре	0,69	0,5
Индекс ясности, средний за год	0,815	0,6
Количество солнечных часов в году	2800	2240
Коэффициент использования установленной мощности	0,26	0,15
Удельные капитальные затраты, €/кВт	1750	1750
Стимулирующие тарифы на электроэнергию, евроцент/кВт-час	0,1	0,1
Дополнительный годовой экономический эффект	0,1	0,1
Дополнительные эксплуатационные затраты	0,15	0,15
Срок окупаемости (лет)	8,1	14

Гидроэнергетика также является одним из основных направлений возобновляемых источников энергии. В Автономной Республике имеются две большие реки (Араз и Арпачай), около 25 малых рек и множество водотоков. На данный момент суммарная мощность ГЭС в республике составляет 68400 кВт, (29% от установленной мощности энергосистемы). В 2010-2015 гг в Автономной Республике сданы в эксплуатацию 2 ГЭС с общей мощностью в 41900 кВт (Биляв

ГЭС с мощностью 20 000 кВт и Арпачай ГЭС с мощностью 21900 кВт).

Гидрометеорологической службой Министерства Экологии и Природных Ресурсов НАР проводилось систематическое наблюдение за расходом воды в 7 малых реках. Результаты этих наблюдений показывают, что расход воды носит сезонный характер и обладает достаточным энергетическим ресурсом. В таблице 3 представлен гидроэнергетический потенциал малых рек.

Таблица 3 – Гидроэнергетический потенциал малых рек

Table 3 – The hydropower potential of small rivers

№ п/п	Название рек (наблюдательных пунктов)	Средний расход воды, м <sup>3</sup> /сек	Гидроэнергетический потенциал, кВт
1	Гиланчай (Нургут)	3,741	36699
2	Гиланчай (Биляв)	8,679	85140
3	Ордубадчай (Нюс-Нюс)	0,249	36640
4	Венендчай (Дырныс)	0,603	5915
5	Элинджечай (Арафса)	1,2	5888
6	Джехричай (Пайыз)	3,059	45013
7	Кюкючай (Кюкю)	0,358	3512
8	Нахчыванчай (Биченек)	4,57	22416
9	Нахчыванчай (Гарабаба)	3,1704	15550

Как видно из таблицы 3, общий гидроэнергетический потенциал семи малых рек НАР составляет 238,773 тыс. кВт, а себестоимость электроэнергии составляет около 2 евроцент/кВт. Это ещё раз подтверждает перспективность широкого использования гидроэнергетического потенциала республики.

Биомасса или биотопливо – это органическое

соединение углерода в виде отходов. В НАР в качестве биотоплива могут быть использованы коммунальные отходы и отходы животноводства, так как другие виды отходов практически отсутствуют. В таблице 4 представлен энергетический потенциал биомассы отходов животноводства в Автономной Республике.

Таблица 4 – Энергетический потенциал биомассы отходов животноводства

Table 4 – The energy potential of biomass of animal waste

Наименование	Энергетический потенциал биомассы отходов	
	Крупный рогатый скот	Мелкий рогатый скот
Количество	59179	613594
Энергосодержание биогаза из навоза 1 животного, МДж/сутки	38,53	12,67
Электрический КПД установки	0,35	0,35
Возможная средняя выработка электроэнергии из биогаза из навоза 1 животного, кВт	3,75	1,23
Возможная выработка электроэнергии, млн. кВт·час/год	81	275
Возможная выработка электроэнергии всего, млн. кВт·час/год	356	
Экономия топлива, всего, тыс. т.у.т	109	

Как видно из таблицы 4, потенциал биомассы отходов животноводства в НАР достаточно большой. Анализ данных показывает, что срок окупаемости энергетических установок, работающих на биогазе, при удельном капиталовложении 2500 €/кВт и тарифе электроэнергии 5,29 евроцент/кВт·час составляет 5,3 лет, что эффективно с экономической точки зрения.

Геотермальные источники энергии подразделяются на три категории: низкопотенциальные ( $t \leq 70^\circ\text{C}$ ), среднепотенциальные ( $70^\circ\text{C} < t \leq 100^\circ\text{C}$ ) и высокопотенциальные ( $t > 100^\circ\text{C}$ ). В Азербайджанской Республике встречаются все эти три категории. Однако в НАР геотермальные источники энергии ограничены и встречаются только на территории Дарыдаг, где температура около  $40^\circ\text{C}$ , использование которых не имеет практического значения.

**Выводы:** 1. Проанализированы потенциалы и технико-экономические показатели энергоустановок на возобновляемых источниках энергии

в климатических условиях НАР Азербайджанской Республики.

2. Показано что использование возобновляемых источников энергии в НАР полностью обеспечивает электроэнергетическую безопасность Автономной Республики и установлено, что наиболее экономически эффективным направлением возобновляемых источников энергии в НАР является ветроэнергетика, солнечная энергетика, гидроэнергетика, а также использование энергии биомассы.

1. Кудря С.О., Пенелов О. Тенденция развития возобновляемой энергетики // Мат. научно-практической конференции по теме "Возобновляемая энергетика и энергоэффективность XXI столетия". Киев.: НТУУ КПИ, Институт Возобновляемой Энергетики НАНУ. – 2017. – С. 23-25. (на укр. языке).

2. Новрузова С.Я. Возможности малой энергетики в обеспечении энергетической безопасности Нахчыванской Автономной Республики // Сборник научных трудов АБВУ им. Г.Алиева. – 2012. – №1. – С. 56-60 (на азерб. языке).

3. Новрузова С.Я., Рзаев М.А. Инновационные технологии и тарифная политика // Мат. Науч. Конф. По теме

"Технико-экономические проблемы высоких технологий в Азербайджане". – Баку. : АТУ. – 2013. – С. 161-163. (на азерб. языке)

4. Попель О.С. Исследование и разработка систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. Дисс. док.тех.наук. М., 2007, 314 ст.

5. Рзаев М.А., Новрузова С.Я. Альтернативные энергетические ресурсы Нахчыванской Автономной Республики. //Материалы научно-технической конференции "Физико-технические проблемы энергетики и пути их решения – 2014". – 25-26 июня 2014 г. – Харьков, ХНУ–ИПМаш НАН Украины. – С.39.

6. Сидоренко Г.И. Основы и методы определения комплексного потенциала возобновляемых энергоресурсов региона и его использования. Дисс. док.тех.наук. СПб., 2006, 320 ст.

3. Novruzova S.Y., Rzayev M.A. (2013) Innovative technologies and tariff policy // Materials of scientific conference on " Technical and economic problems of high technologies in Azerbaijan ". Baku, ATU. 161-163. [in Azerb.].

4. Popel O.S. (2007) Research and development of energy supply systems using renewable energy sources. Diss.Doct.of Technical Sciences. Moscow, 314 p.

5. Rzayev M.A., Novruzova S.Y. (2014) Alternative energy resources of Nakhchivan Autonomous Republic // Materials Science and Technology Conference "Physicotechnical problems of power engineering and ways of their solution – 2014"., Kharkov, Ukraine, 39.

6. Sidorenko G.I. (2006) Basics and methods for determining the integrated potential of renewable energy resources in the region and its use. Diss. Doct.of Technical Sciences. San Pablo., 320 p.

### ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРО-ЕНЕРГЕТИЦІ НАХЧИВАНСЬКОЇ АВТОНОМНОЇ РЕСПУБЛІКИ

### SYNOPSIS

**М.А.Рзаєв**, канд.тех.наук, **С.Я.Новрузова**,

Нахчыванський Державний Університет, м.Нахчыван, Азербайджанська Республіка, Азербайджанська Республіка, м. Нахчыван, Університетське містечко, AZ 7012, Тел: +994-12-477-79-71 (дом), +994-50-586-13-38 (моб), E-mail: maqammedrzayev@yandex.ru, + 994-50-398-25-63, E-mail: sevincrzayeva1969@gmail.com

*Розглянуті техніко-економічні показники енергоустановок на відновлюваних джерелах енергії в Нахчыванській Автономній Республіці. В результаті аналізу встановлено, що найбільш ефективними напрямками є сонячна енергетика, вітроенергетика, а також гідроенергетика та біомаса. Бібл. 5, табл. 3.*

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, вітроенергетика, сонячна енергетика, гідроенергетика, біомаса, геотермальна енергетика.

The article considers the issue of ensuring energy security of the Nakhchivan Autonomous Republic, which has no connection with the main territory of the Republic of Azerbaijan and living in enclave conditions. The Nakhchivan Autonomous Republic has no natural hydrocarbon resources and it is impossible to provide with energy resources the region from the country's mainland. For this purpose, has been conducted a technical and economic analysis of the use of renewable energy sources to ensure energy security of the region. Several tasks have been fulfilled to achieve this goal: The long-term observation materials of seven hydro-meteorological stations located in the territory of the Autonomous Republic were collected and analyzed; the observation materials of the Hydrometeorology State Committee of the USSR for 1960-1980 were analyzed; The research materials of the Azerbaijan National Academy of Sciences Geography Institute for 1936-1950 were collected and analyzed; The results of Nakhchivan Solar Power Station's work for 2016-2017 were analyzed.

For the research was used the theoretical and computational method. The calculations and analyzes show that the renewable energy resources of the Autonomous Republic are quite high except for geothermal energy sources and a part of it (10-15%) can fully ensure the energy security of this region. For this purpose, in recent years in the region several small power plants and a solar power plant with a capacity of 22,000 kilowatt in 2015 were severely built. The calculations show that the improvement of the electricity tariff policy and the use of stimulating tariffs can be made technically economically effective for power stations producing renewable energy sources in the Autonomous Republic.

### REFERENCES

1. Kudria S., Pepelov O. (2017) Renewable energy development trends // Materials of scientific conference on "Renewable energy and energy efficiency of the XXI century". Kyiv.: NTUU KPI, Institute of Renewable Energy of the NASU. 23-25. [un Ukr.].

2. Novruzova S.Y. (2012) The possibility of small-scale energy in ensuring energy security of Nakhchivan Autonomous Republic // Collection of scientific works of Azerbaijan Higher Military School named after Heydar Aliyev. Baku, 1, 56-60 [in Azerb.].

Стаття надійшла до редакції 30.03.17

Остаточна версія 21.03.28