



**Enhancing transboundary energy cooperation
through introduction of wind and solar
energy into power systems of the CIS countries
to meet SDG7 for the implementation of goal
#7 sustainable development of the UN**

**PROPOSITIONS
FOR
UNIFIED METHODOLOGY FOR ASSESSING
GROSS AND TECHNICAL POTENTIALS
FOR WIND AND SOLAR ENERGY IN
THE CIS COUNTRIES,
RECOMMENDED FORMAT FOR DATA
REPRESENTATION, REGIONAL
PROGRAMS OF WIND AND SOLAR
ENERGY POTENTIALS UPTAKE
METHODOLOGICAL BASES AND
PRINCIPLES OF DEVELOPMENT**

M. SAPAROV, G. ERMOLENKO

**Укрепление трансграничного сотрудничества в
области использования ветровой и солнечной
энергии в энергосистемах стран СНГ для
реализации цели №7 устойчивого развития ООН**

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ
ПО
ЕДИНОЙ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ
ВАЛОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ
ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В
СТРАНАХ СНГ,
РЕКОМЕНДУЕМЫМ ФОРМАТАМ
ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ,
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИМ ОСНОВАМ И
ПРИНЦИПАМ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ПРОГРАММ РЕАЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛОВ
ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

М. САПАРОВ, Г. ЕРМОЛЕНКО



One of the most important
indicators of SDG 7 is to

*“strengthen international
cooperation by 2030 to facilitate
access to clean energy research
and technologies, including
renewable energy (RES), energy
efficiency and advanced clean
technologies for the use of fossil
fuels, as well as promoting
investments in energy
infrastructure and environmental
technologies stand energy”.*

Важнейшим индикатором ЦУР 7
является следующий:

*«К 2030 году укрепить
международное сотрудничество в
целях облегчения доступа к
исследованиям и технологиям в
области чистой энергии, включая
ВИЭ, энергоэффективность и
передовые экологически чистые
технологии использования
ископаемых видов топлива, а также
содействия инвестициям в
энергетическую инфраструктуру и
технологии экологически чистой
энергетики».*



In 1981, at the UN Conference on New and Renewable Energy Sources in Nairobi, Kenya, the Decision on the establishment of the International Renewable Energy Agency (IRENA)

Today, with the active participation of more than 170 member states, including all CIS member states, IRENA promotes the use of renewable resources and technologies as a basis for transition to a sustainable future and helps countries use their potential in the field of renewable energy.

В 1981 году на Конференции ООН по новым и возобновляемым источникам энергии в Найроби, было принято Решение о создании международного агентства по использованию возобновляемых источников энергии (IRENA).

Сегодня при активном участии более 170 государств-членов, в число которых входят все государства-участники СНГ, IRENA содействует использованию возобновляемых ресурсов и технологий в качестве основы перехода к устойчивому будущему и помогает странам использовать свой потенциал в области ВИЭ.



November 20, 2013 By the decision of the Council of CIS Heads of Government, the Concept of Cooperation of the CIS Member States in the Use of RES and the Plan of Priority Measures for its implementation were approved

Among the goals and main objectives of cooperation of the CIS member states in the use of renewable energy, the study and dissemination of international experience and experience of the CIS member states, ensuring the availability and unification of statistical data in the field and the unification of statistical data are considered to be necessary step of creating a favorable market environment for the development of renewable energy.

20 ноября 2013 года Решением Совета глав правительств СНГ были утверждены Концепция сотрудничества государств-участников СНГ в области использования ВИЭ и План первоочередных мероприятий по ее реализации.

Среди целей и основных задач сотрудничества государств-участников СНГ в сфере использования ВИЭ изучение и распространение международного опыта и опыта государств-участников СНГ, обеспечение доступности и унификации статистических данных в области ВИЭ рассматриваются как необходимый первый шаг создания благоприятной рыночной среды для развития возобновляемой энергетики.



In 2015, within the framework of this Concept and the Plan of Priority Measures for its implementation, the CIS Electric Power Council began to form a “Roadmap” of renewable energy development in the CIS member states.

One of the principal results of the first stage of the development of the Road Map was the awareness of
“ to continue work on the formation of a unified methodology for assessing the energy potential of RES consistent with the global approach used by the IRENA in the development of Global and Regional Atlases of RES ”.

В 2015 году в рамках данной Концепции и Плана первоочередных мероприятий по ее реализации Электроэнергетический Совет СНГ приступил к формированию «Дорожной карты» развития возобновляемой энергетики в государствах-участниках СНГ.

Одним из принципиальных результатов первого этапа разработки «Дорожной карты» стало осознание необходимости
«продолжить работу по формированию единой методологии оценки энергетических потенциалов ВИЭ, соответствующей мировому подходу, используемому IRENA при разработке Глобального и региональных атласов ВИЭ».



Taking into account the largest scale of development of wind and solar energy, this work covers these renewable energy sectors

Content

- **1. Methodologies for assessing the potentials of solar and wind energy in the CIS countries: development of atlases, problems and suggestions**
- **2. General provisions of the proposed methodology**
- **3. Assessment of natural resources, gross and technical potentials of solar energy**
- **4. Assessment of natural resources, gross and technical energy potential of wind energy**
- **5. Assessment (accounting) of fuel and environmental potentials (effects) of renewable energy**
- **6. Methodological bases and principles for the development of regional programs for uptake of wind and solar energy potentials**
- **Conclusion**
- **Appendix**

С учетом наибольших масштабов развития ветровой и солнечной энергетики данная работа охватывает эти сектора возобновляемой энергетики

Содержание

- **1. Методологии оценки потенциалов солнечной и ветровой энергии в странах СНГ: разработка атласов, проблемы и предложения**
- **2. Общие положения предлагаемой методологии**
- **3. Оценка природных ресурсов, валового и технического потенциалов солнечной энергии**
- **4. Оценка природных ресурсов, валового и технического потенциала энергии ветра**
- **5. Оценка топливного и экологического потенциалов (эффектов) ВИЭ**
- **6. Методологические основы и принципы развития региональных программ реализации потенциалов ветровой и солнечной энергии**
- **Заключение**
- **Приложение**



**Main principles of the methodology for estimating
the natural resources, gross and technical
potentials of RES**

- Using the experience of the CIS countries in assessing potentials and developing atlases of renewable energy;
- Using IRENA's experience in developing a Global Atlas of RES;
- Using of NASA DB and GWA DB as basic information about natural resources of renewable energy sources;
- Using of representative data of long-term measurements of meteorological, upper-air and actinometric stations;
- Using of official statistical data on the operation of the power systems of the CIS member states, including data on specific fuel consumption for electricity generation at thermal power plants, greenhouse gas emissions and pollutants in thermal power plants, losses in electrical networks, etc.;

**Основные принципы методологии оценки
природных ресурсов, валового и технического
потенциалов ВИЭ**

- Использование опыта стран СНГ по оценке потенциалов и разработке атласов ВИЭ
- Использование опыта IRENA по разработке Глобального атласа ВИЭ
- Использование БД NASA и IRENA в качестве исходной информации о природных ресурсах ВИЭ
- Использование репрезентативных данных многолетних измерений метеорологических, аэрологических и актинометрических станций
- Использование официальных статистических данных о работе энергосистем государств-участников СНГ, включая данные об удельных расходах топлива на выработку электроэнергии на ТЭС, выбросах парниковых газов и загрязняющих веществ на ТЭС, потерях в электрических сетях и пр.;



Main principles of the methodology for estimating the natural resources, gross and technical potentials of RES

- **Assessment of natural resources and gross potential of renewable energy;**
- **Assessment of the technical potential of renewable energy sources taking into account the available areas for installation of generating equipment and its technical characteristics;**
- **Assessment of natural resources and potentials of renewable energy at various levels of administrative-territorial division: national, regional, municipal;**
- **Assessment of renewable energy natural resources and potentials at various levels of integration of electric power systems: UES, RES, IES, decentralized zone;**
- **Assessment of fuel and environmental effects arising from the implementation of the technical potential of renewable energy.**

Основные принципы методологии оценки природных ресурсов, валового и технического потенциалов ВИЭ

- **Оценка природных ресурсов и валового потенциала ВИЭ;**
- **Оценка технического потенциала ВИЭ с учётом доступных территорий для размещения генерирующего оборудования и его технических характеристик;**
- **Оценка природных ресурсов и потенциалов ВИЭ на различных уровнях административно-территориального деления: национальном, региональном, муниципальном;**
- **Оценка природных ресурсов и потенциалов ВИЭ на различных уровнях интеграции электроэнергетических систем: ЕЭС, ОЭС, ИЭС, децентрализованная зона;**
- **Учет топливных и экологических эффектов, возникающих при реализации технического потенциала ВИЭ.**
-



The main stages of Natural Resource and RES Potentials assessment

Stage №1

**Assessment of natural resource of RES,
kWh / km²**

Stage №2

**Assessment of the gross potential of RES,
kWh / year**

Stage №3

**Assessment of the technical potential of
RES,
kWh / year**

Stage №4

**Assessment of environmental and fuel
potential of RES,
ton / year, ton oil eq / year**

Основные этапы оценки природного потенциала и ресурсов ВИЭ

Этап №1

**Оценка природного ресурса ВИЭ,
кВт·час/км²**

Этап №2

**Оценка валового потенциала ВИЭ,
кВт·час/год**

Этап №3

**Оценка технического потенциала ВИЭ,
кВт·час/год**

Этап №4

**Оценка (учёт) экологического и топливного
потенциалов (эффектов) применения ВИЭ,
т/год, т.т.т./год**



**Web Atlas of the energy potential of
renewable energy sources of the
Republic of Kazakhstan**

In 2017, an Australian company in collaboration with research centers of the Republic of Kazakhstan developed the Interactive System - Web-Atlas of the energy potential of renewable energy sources of the Republic of Kazakhstan.

To construct maps of the total solar energy received on a horizontal surface, NASA satellite observations for the 22-year period (July 1983 – June 2005) were used, taking into account the number of cloudy days.

**Веб-Атлас энергетического
потенциала возобновляемых
источников энергии Республики
Казахстан**

В 2017 г. Австралийской компанией в сотрудничестве с исследовательскими центрами Республики Казахстан разработана Интерактивная система Веб-Атлас энергетического потенциала ВИЭ Республики Казахстан.

Для построения карт интерполяции поступающей суммарной солнечной энергии на горизонтальную поверхность использованы результаты спутниковых наблюдений NASA за 22-летний период (июль 1983 - июнь 2005 г.) с учетом числа пасмурных дней.



The Wind Atlas of the Republic of Uzbekistan

2015, the German companies Geo-Net and Intec-Gopa developed the Wind Atlas in the form of an interactive information analytical system for the wind energy potential of Uzbekistan. Atlas is developed by computer modeling.

Атлас ветров Республики Узбекистан

В 2015 г. немецкими компаниями Geo - Net и Intec - Gopa был разработан «Атлас ветров» в виде интерактивной информационно-аналитической системы ветроэнергетического потенциала Узбекистана. Атлас разработан методом компьютерного моделирования.

Atlases of renewable energy resources in Russia

In 2007, the first Handbook of renewable energy sources in Russia and local fuels was published, edited by Dr. P.P. Bezrukich

In the period 2008-2011 Dr. V.G. Nikolayev published a number of monographs, including: “The National Cadastre of Wind Energy Resources of Russia and the methodological foundations of their assessment

In 2015 experts of the Moscow State Lomonosov’ University, Institute of Energy NRU HSE, Joint Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences, developed an “Atlas of renewable energy resources in Russia.

The source of the initial information was the NASA SSE database (July 1983 – June 2005)

Атласы ресурсов возобновляемой энергии на территории России

В 2007 г. выпущен первый Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива под редакцией д.т.н. П.П. Безруких.

В период 2008 – 2011гг. д.т.н. В.Г. Николаевым были выпущены ряд монографий, в том числе: Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения.

В 2015г. специалистами МГУ имени М.В. Ломоносова, Института энергетики НИУ ВШЭ, Объединенного института высоких температур РАН разработан Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России. В качестве источника исходной информации использовалась база данных NASA SSE (июль 1983 - июнь 2005г.).

Cadastre of renewable energy sources of the Republic of Belarus

In 2012, in the Republic of Belarus, a “State cadastre of renewable energy sources” was developed. Table 1 shows information from the Cadastre for one of the wind turbines. It is noteworthy that for this installation information is provided on fuel economy (tons/year), as well as on prevented greenhouse gas emissions (tons/year) and pollutants (tons/year).

NEG Micon NM 48-750 wind turbine near the village of Avgustovo

Organization name: LLC “Windenergoprom”V	Type of energy used: Wind energy
The type of energy produced: Electric	Electric capacity: 0.75 MW
Annual electricity generation, MW·h/year: 2316.60	Annual electricity output, MWh / year: 2316.60
Annual heat production, Gcal/year	Annual heat output, Gcal/year:
Number of hours of work per year: 3120	Saving of standard fuel, tons of fuel equivalent per year: 284.56
Reducing greenhouse gas emissions, t/year: 2340.00	Decrease / increase of main pollutants emissions, t/year: -8.17

Кадастр возобновляемых источников энергии Республики Беларусь

В 2012 г. в Республике Беларусь сформирован государственный кадастр ВИЭ. В таблице приведена информация из указанного Кадастра, по одной из ветроустановок, включающая, в том числе данные по экономии топлива (т/г. в год), а также по предотвращённым выбросам парниковых газов (т/год) и загрязняющим веществам (т/год).

Таблица. Ветроэнергетическая установка NEG Micon NM 48–750 в районе д. Августово

Название организации: ООО «Виндэнергопром»	Вид используемой энергии: Энергия ветра
Вырабатываемый вид энергии: Электрическая	Электрическая мощность: 0,75 МВт
Годовая выработка электроэнергии, МВт * ч/год: 2316,60	Годовой отпуск электроэнергии, МВт * ч/год: 2316,60
Годовая выработка тепла, Гкал/год :	Годовой отпуск тепла, Гкал/год:
Количество часов работы в год: 3120	Экономия условного топлива, т у.т./год: 284,56
Снижение выбросов парниковых газов, т/год: 2340,00	Снижение/увеличение выбросов основных загрязняющих веществ, т/год: -8,17



The results of a comparative analysis of the experience of assessing the energy potential of solar and wind energy by the CIS member states

1. When developing the Atlases of Kazakhstan and Uzbekistan, the main contractors were foreign companies funded by international financial institutions. When developing the Atlas of Russia, domestic teams developed their own detailed methodologies that fully take into account world experience.

Результаты сравнительного анализа опыта государств-участников СНГ оценки энергетического потенциала солнечной и ветровой энергии

1. При разработке Атласов Казахстана и Узбекистана основным исполнителем были зарубежные компании, финансируемые международными финансовыми институтами. При разработке Атласа России отечественными коллективами были разработаны собственные детальные методики, в полной мере учитывающие мировой опыт.



UNEP

Goal 7:

Ensure access to
affordable, reliable,
sustainable and
modern energy for all.



The results of a comparative analysis of the experience of assessing the energy potential of solar and wind energy by the CIS member states

2. When developing all considered solar atlases, data from NASA SSE database with a $1^0 \times 1^0$ grid were used as initial information on the energy density of solar radiation.

Результаты сравнительного анализа опыта государств-участников СНГ оценки энергетического потенциала солнечной и ветровой энергии

2. При разработке всех рассматриваемых атласов солнечной энергии в качестве исходной информации о плотности энергии излучения использовались данные БД NASA SSE с сеткой $1^0 \times 1^0$.



UNEP

Goal 7:

Ensure access to
affordable, reliable,
sustainable and
modern energy for all.



The results of a comparative analysis of the experience of assessing the energy potential of solar and wind energy by the CIS member states

3. In the development of the Atlas winds of Kazakhstan in the calculations were not considered real power curves of wind turbines and do not take into account the frequency of wind speed, which essentially reduces the accuracy of the calculations.

Результаты сравнительного анализа опыта государств-участников СНГ оценки энергетического потенциала солнечной и ветровой энергии

3. При разработке Атласа ветров Казахстана в расчетах не рассматривались кривые мощности реальных ветрогенераторов и не учитывалась повторяемость скорости ветра, что принципиально снижает точность расчетов. Существенным достоинством Атласа является его доступность в интернете и интерактивность.



The results of a comparative analysis of the experience of assessing the energy potential of solar and wind energy by the CIS member states

4. When developing the Wind Atlas of Uzbekistan, satellite observations without reference to the source were used as basic information, only average annual wind speeds at an altitude of 80m were estimated, and the technical potential was not calculated. The declared Interactivity due to the lack of access to the Atlas on the Internet cannot be confirmed.

Результаты сравнительного анализа опыта государств-участников СНГ оценки энергетического потенциала солнечной и ветровой энергии

4. При разработке Атласа ветров Узбекистана оценивались только среднегодовые скорости ветра на высоте 80м, расчет технического потенциала не проводился. Декларируемая Интерактивность из-за отсутствия доступа к Атласу в интернете не может быть подтверждена.



**The results of a comparative
analysis of the experience of
assessing the energy potential of
solar and wind energy by the CIS
member states**

5. When developing the Wind Atlas of the of Russia, NASA SSE DB data with a $1^0 \times 1^0$ grid on wind speeds frequency at 50m altitude with hourly resolution was used as the basic information. In the printed edition of the Atlas there are a lot of maps which clearly reflect the distribution of wind energy resources throughout the country. The lack of access to the atlas and the calculated databases via the Internet does not allow the interactive mode of working with Atlas.

**Результаты сравнительного анализа
опыта государств-участников СНГ
оценки энергетического потенциала
солнечной и ветровой энергии**

5. При разработке Атласа ветров России в качестве исходной информации использовались данные БД NASA SSE с сеткой $1^0 \times 1^0$ о повторяемости скоростей ветра с часовым разрешением. В полиграфическом издании Атласа приведено множество карт, дающих исчерпывающую информацию. Отсутствие доступа к атласу и расчетным базам данных через интернет не позволяет осуществлять режим интерактивной работы с Атласом.

The results of a comparative analysis of the experience of assessing the energy potential of solar and wind energy by the CIS member states

It seems appropriate to take into account all the advantages of the proposed approaches and eliminate the existing shortcomings to obtain a single common methodology for estimating wind and solar potential in the CIS countries.

Результаты сравнительного анализа опыта государств-участников СНГ оценки энергетического потенциала солнечной и ветровой энергии

Представляется целесообразным учесть все преимущества предлагаемых подходов и устранить имеющиеся недостатки для получения единой общей методологии оценки потенциалов ветровой и солнечной энергии в государствах-участниках СНГ.

Assessment of natural resources and gross potential (Pgross) solar power

The following evaluation algorithm is recommended.

gross potential of solar energy:

- partition of the territory of the country as a whole and administrative unit (AU) countries per cell ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$) geographical latitude and longitude, respectively;
- calculation of the area of each cell, taking into account longitude distortion;
- calculation of average solar density energy in the cell area;

Assessment Pgross solar potential energy of the territory of the AU by summation derived solar input values energy for each cell AU;

Assessment Pval gross solar potential energy throughout the country by summation gross solar potential of all AUs

A similar method is used when calculating gross potential of solar energy with reference to zones of power supply: UES, RES, IES, etc.

Оценка природных ресурсов и валового потенциала (Пвал) солнечной энергии

Рекомендуется следующий алгоритм оценки валового потенциала солнечной энергии:

- разбиение территории страны в целом и административно-территориальной единицы (АТЕ) страны на ячейки ($0,5^\circ \times 0,5^\circ$) географической широты и долготы, соответственно;
- расчет площади каждой ячейки, с учетом искажения по долготе;
- расчет средней плотности солнечной энергии на площади ячейки;
- оценка Пвал валового потенциала солнечной энергии территории АТЕ суммированием полученных значений поступления солнечной энергии для каждой ячейки АТЕ;
- оценка Пвал валового потенциала солнечной энергии всей территории страны суммированием валового потенциала солнечной энергии всех АТЕ

Аналогичный метод используется при расчете валового потенциала солнечной энергии применительно к зонам энергоснабжения: ЕЭС, ОЭС ИЭС и пр.



The recommended format of data on natural resources of solar energy

Systematized information on natural resources of solar energy in the whole country with details on the AU and the energy supply zones can be summarized in a database, the format of which is given in the table.

Format of the database of natural resources of solar energy

Considered territory	Natural resources of solar energy, $kWh/m^2 \cdot day$
Municipality	
Region (region, province, etc.)	
Country	
Power supply zone, including:	
UES	
RES	
IES	
Decentralized	

Рекомендации по единым требованиям к подготовке информации о природных ресурсах солнечной энергии

Систематизированная информация о природном ресурсе солнечной энергии в целом по стране с детализацией по АТЕ и зонам энергоснабжения может быть сведена в базу данных, формат которой приведен в таблице

Формат БД природных ресурсов потенциала энергии солнца

Рассматриваемая территория	Природные ресурсы солнечной энергии, $kWh/m^2 \cdot day$
Муниципальное образование	
Регион (область, край и т.д.)	
Страна	
Зона энергоснабжения, в том числе:	
ЕЭС	
ОЭС	
ИЭС	
Децентрализованная	



The recommended format of data on the gross potential of solar energy

Systematized information on the gross potential of solar energy in the whole country with details on the ATE and the energy supply zones can be summarized in a database, the format of which is given in the table.

Format of the database of gross potential of solar energy

Considered territory	Total area, km ²	Gross potential of solar energy, mln. KWh/year
Municipality		
Region (region, province, etc.)		
Country		
Power supply zone, including:		
UES		
RES		
IES		
Decentralized		

Рекомендации по единым требованиям к подготовке информации о валовом потенциале солнечной энергии

Систематизированная информация о валовом потенциале солнечной энергии в целом по стране с детализацией по АТЕ и зонам энергоснабжения может быть сведена в базу данных, формат которой приведен в таблице

Формат БД валового потенциала энергии солнца

Рассматриваемая территория	Общая площадь, км ²	Валовый потенциал солнечной энергии, млн. кВт·ч/год
Муниципальное образование		
Регион (область, край и т.д.)		
Страна		
Зона энергоснабжения, в том числе:		
ЕЭС		
ОЭС		
ИЭС		
Децентрализованная		



Assessment of technical potential of solar energy

The technical potential of converting solar energy into electrical energy for Considered territory is calculated by the formula:

$$P_{tech.ter.} = P_{gr.ter.} \cdot (Eff_{bat} \cdot Eff_{inv} \cdot Eff_{tr} \cdot K_{ter}) \quad (3)$$

where:

$P_{tech.ter.}$ – technical potential of solar energy of the territory under consideration, mln. kWh/year;

Eff_{bat} – Efficiency of the solar battery. The average efficiency of modern solar cells is about 16-18% under standard conditions (AM spectrum 1.5, 1000 W/m², 25°C);

Eff_{inv} – Inverter efficiency (97-98%);

Eff_{tr} – Efficiency of step-up transformer up to 10-110 kV (96-99%);

K_{ter} – the territorial coefficient reflecting the share of the total area of the territory in which it is possible to install solar energy converters.

Оценка технического потенциала (Птех) солнечной энергии

Технический потенциал Птех преобразования энергии солнца в электрическую энергию для рассматриваемой территории рассчитывается по формуле

$$P_{тех} = P_{вал} (КПД_{мод} КПД_{инв} КПД_{тр} K_{зем}),$$

где:

$P_{вал}$ – валовый потенциал энергии солнца;

$КПД_{мод}$ – КПД преобразования солнечной батареи. КПД современных солнечных батарей составляет около 20% в стандартных условиях (спектр АМ 1,5, 1000 Вт/м², 25 °С).

$КПД_{инв}$ – КПД инвертора. КПД большинства сетевых инверторов находится в районе 97-98 %

$КПД_{тр}$ – КПД повышающего трансформатора до 10-110 кВ (в зависимости от того, к каким сетям планируется подключение). КПД современных трансформаторов лежит в диапазоне 96-99 %.

$K_{зем}$ – Коэффициент земли показывает долю от общей площади рассматриваемой территории, которую можно использовать, с целью выработки электроэнергии за счет солнечного излучения



Recommended format for presenting data on the technical potential of solar energy

Format of the database of technical potential of solar energy

Considered territory	K_{ter}	Technical potential of solar energy, mln. KWh/year
Municipality		
Region (region, province, etc.)		
Country		
Power supply zone, including:		
UES		
RES		
IES		
Decentralized		

Рекомендации по единым требованиям к подготовке информации о техническом потенциале солнечной энергии

Формат БД технического потенциала солнца

Рассматриваемая территория	Общая площадь, км ²	Валовый потенциал солнечной энергии, млн. кВт·ч/год
Муниципальное образование		
Регион (область, край и т.д.)		
Страна		
Зона энергоснабжения, в том числе:		
ЕЭС		
ОЭС		
ИЭС		
Децентрализованная		



Assessment of natural resource of wind energy

Assessment of natural wind energy resources is carried out using such an index as wind flow energy density, by which is meant the average power of the air stream flowing per unit time through the cross section area of one square meter:

$$N_{ed} = 12 \rho \cdot \sum (u_i^3 \cdot t_i) \quad n_i=1 \quad (4)$$

where

N_{ed} – energy density (power density) of wind flow, W/m^2 ;

ρ – air density, kg/m^3 ;

u_i – average wind speed on the i -th interval of wind speeds, m/s ;

t_i – part of the time during which the wind speed is in the i -th speed range.

For the calculation of the weighted average over the territory of the N_{ed} value, the considered territory should be represented as a set of zones, in each of which wind-climatic conditions can be considered conditionally homogeneous:

$$N_{ed.ter.} = \sum (N_{edj} \cdot S_j / S_{tot.ter.}) \quad m_j=1 \quad (5)$$

where

$N_{ed.ter.}$ – energy density of the wind flow in the territory under consideration, W/m^2 ;

N_{edj} – energy density of the wind flow in the j -th zone, W/m^2 ;

S_j – area of the territory under consideration that falls into the j -th zone, km^2 ;

$S_{tot.ter.}$ – total area of the territory under consideration, km^2 .

When working with a NASA database, a $1/20 \times 1/20$ cell (NASA POWER) or 10×10 (NASA SSE) is taken as such a “conditionally homogeneous” zone, when working with the GWA data-base, the cell is 9×9 km (GWA 2.0) or $1/20 \times 2/30$ (GWA 1.0).

Оценка природных ресурсов энергии ветра

Оценка природных ресурсов энергии ветра проводится с использованием такого показателя, как плотность энергии ветрового потока, под которой понимается средняя мощность воздушной струи, протекающей в единицу времени через поперечное сечение площадью в один квадратный метр:

$$N_{уд} = \frac{1}{2} \rho \cdot \sum_{i=1} (u_i^3 \cdot t_i) \quad (4)$$

где

$N_{уд}$ – плотность энергии (удельная мощность) ветрового потока, $Вт/м^2$;

ρ – плотность воздуха, $кг/м^3$;

u_i – средняя скорость ветра на i -ом интервале скоростей ветра, $м/с$;

t_i – часть времени, в течение которого скорость ветра находится в i -ом интервале скоростей.

Для расчета средневзвешенного по территории значения $N_{уд}$ рассматриваемую территорию целесообразно представить в виде совокупности зон, в каждой из которых ветроклиматические условия можно считать усредненно однородными:

$$N_{уд.тер.} = \sum_{j=1} (N_{удj} \cdot S_j / S_{общ.тер.}) \quad (5)$$

где

$N_{уд.тер.}$ – плотность энергии ветрового потока на рассматриваемой территории, $Вт/м^2$;

$N_{уд.j}$ – плотность энергии ветрового потока в j -ой зоне, $Вт/м^2$;

S_j – площадь рассматриваемой территории, попадающая в j -ю зону, $км^2$;

$S_{общ.тер.}$ – общая площадь рассматриваемой территории, $км^2$.



UNEP

Goal 7:

Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all.



The recommended format of data on the natural resources of wind energy

Format of the database of wind energy natural resources database

Considered territory	Energy density of wind flow, W/m^2
Municipality	
Region (region, province, etc.)	
Country	
Power supply zone, including:	
<i>UES</i>	
<i>RES</i>	
<i>IES</i>	
<i>Decentralized</i>	

Рекомендации по единым требованиям к подготовке информации о природных ресурсах энергии ветрового потока

Формат базы данных природных ресурсов энергии ветра

Рассматриваемая территория	Плотность энергии ветрового потока, $Вт/м^2$
Муниципальное образование	
Регион (область, край и т.д.)	
Страна	
Зона энергоснабжения, в том числе:	
<i>ЕЭС</i>	
<i>ОЭС</i>	
<i>ИЭС</i>	
<i>Децентрализованная</i>	



Assessment of gross potential of wind energy

$$P_{gr.ter.} = 10^{-9} \cdot N_{ed.ter.} \cdot S_{sw} \cdot k_{Z-B} \cdot T_{year} \cdot N_{WT\ tot.} \quad (6)$$

$$S_{sa.} = \pi \cdot D_{WW}^2 / 4 \quad (7)$$

where

$P_{gr.ter.}$ – gross potential of wind energy of the considered territory, *mln. kWh/year*;

S_{sw} – surface area swept by the wind wheel, *m²*;

$k_{Z-B} = 0,593$ – the Zhukovsky-Betz coefficient (the wind energy utilization factor of an ideal wind turbine);

$T_{year} = 8760$ – the number of hours per year, *hour*;

D_{WW} – diameter of the wind turbine wheel, *m*;

$N_{WT\ tot.}$ – the number of wind turbines that can be placed on the entire territory under consideration, *pcs*.

Оценка валового Пвал потенциала ветровой энергии

$$P_{вал\ тер.} = 10^{-9} \cdot N_{уд.тер.} \cdot S_{ом} \cdot k_{Ж-Б} \cdot T_{год} \cdot N_{ВЭУ\ общ.} \quad (6)$$

$$S_{ом.} = \pi \cdot D_{БК}^2 / 4 \quad (7)$$

где

$P_{вал\ тер.}$ – валовый потенциал энергии ветра рассматриваемой территории, *млн. кВт·ч/год*;

$S_{ом}$ – площадь поверхности, ометаемой ветроколесом, *м²*;

$k_{Ж-Б} = 0,593$ – коэффициент Жуковского-Бетца (коэффициент использования энергии ветра идеальной ВЭУ);

$T_{год} = 8760$ – количество часов в году, *час*;

$D_{БК}$ – диаметр ветроколеса ВЭУ, *м*;

$N_{ВЭУ\ общ.}$ – количество ВЭУ, которое можно разместить на всей рассматриваемой территории, *шт.*



The recommended format of data on the gross wind energy potential

Format of the database of gross wind energy potential

Considered territory	Gross wind power potential, <i>mln. kWh/year</i>
Municipality	
Region (region, province, etc.)	
Country	
Power supply zone, including:	
UES	
RES	
IES	
Decentralized	

Рекомендации по единым требованиям к подготовке информации о природном ресурсе энергии ветрового потока

Формат базы данных валового потенциала энергии ветра

Рассматриваемая территория	Валовый потенциал энергии ветра, <i>млн. кВт·ч/год</i>
Муниципальное образование	
Регион (область, край и т.д.)	
Страна	
Зона энергоснабжения, в том числе:	
ЕЭС	
ОЭС	
ИЭС	
Децентрализованная	



Assessment of natural resources and gross energy potential of solar energy

The technical potential of the wind energy of the territory under consideration is a part of the average long-term total energy of the wind flow, which can be converted into electrical energy at the current level of technology development during the year in the potentially accessible area of the territory under consideration:

$P_{tech.ter.}$

$$= 10^{-6} \cdot T_{year} \cdot N_{WT av.} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (P_i \cdot t_{ij} \cdot S_j / S_{tot.ter.}) \quad (9)$$

where

$P_{tech.ter.}$ – technical potential of wind energy of the territory under consideration, mln. KWh/year;

P_i – technical parameter of a specific model of wind turbines, issued by the manufacturer and characterizing the amount of electrical energy that the installation produces at wind speed u_i , kW;

t_{ij} – part of the time during which the wind speed in the j -th zone is in the i -th speed interval;

$N_{WT av.}$ – the number of wind turbines that can be placed on the potentially available area of considered territory, pcs.

To determine the value of $N_{WT av.}$ it is recommended to adopt a similar layout and model for calculating the number of wind turbines, as in the assessment of the gross potential:

$$N_{WT av.} = (1000 / (10 \cdot D_{WW}))^2 \cdot S_{av.ter.} \quad (10)$$

Where

$S_{av.ter.}$ – potentially available area of the territory under consideration, km².

Оценка технического Птех потенциала ветровой энергии

Технический потенциал энергии ветра рассматриваемой территории – это часть среднесуточной суммарной энергии ветрового потока, которая может быть преобразована в электрическую энергию при существующем уровне развития технологий в течение года на потенциально доступной площади рассматриваемой территории:

$$\begin{aligned} P_{тех тер.} &= 10^{-6} \cdot T_{год} \cdot N_{ВЭУ дост.} \\ &\cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (P_i \cdot t_{ij} \cdot S_j / S_{общ.тер.}) \end{aligned} \quad (9)$$

где

$P_{тех тер.}$ – технический потенциал энергии ветра рассматриваемой территории, млн. кВт·ч/год;

P_i – технический параметр конкретной модели ВЭУ, выдаваемый производителем и характеризующий количество электрической энергии, которое вырабатывает установка при скорости ветра u_i , кВт;

t_{ij} – часть времени, в течение которого скорость ветра в j -ой зоне находится в i -ом интервале скоростей;

$N_{ВЭУ дост.}$ – количество ВЭУ, которое можно разместить на потенциально доступной площади рассматриваемой территории, шт.

Для определения значения $N_{ВЭУ дост.}$ рекомендуется принимать аналогичную схему размещения и модель расчета количества ВЭУ, что и при оценке валового потенциала:

$$N_{ВЭУ дост.} = (1000 / (10 \cdot D_{ВК}))^2 \cdot S_{дост.тер.} \quad (10)$$

где

$S_{дост.тер.}$ – потенциально доступная площадь рассматриваемой территории, км².

The recommended format of the data on the technical potential of wind energy

Format of the database of technical potential of wind energy

Considered territory	Technical wind power potential, <i>mln. kWh/year</i>
Municipality	
Region (region, province, etc.)	
Country	
Power supply zone, including:	
<i>UES</i>	
<i>RES</i>	
<i>IES</i>	
<i>Decentralized</i>	

Рекомендации по единым требованиям к подготовке информации о техническом потенциале энергии ветра

Формат БД оценки технического потенциала энергии ветра

Рассматриваемая территория	Технический потенциал энергии ветра, <i>млн. кВт·ч/год</i>
Муниципальное образование	
Регион (область, край и т.д.)	
Страна	
Зона энергоснабжения, в том числе:	
<i>ЕЭС</i>	
<i>ОЭС</i>	
<i>ИЭС</i>	
<i>Децентрализованная</i>	

Assessment (accounting) of the fuel potential (effect) of RES

The fuel potential of renewable energy is calculated by the formula:

$$F = P_{tech.ter.} \cdot b_e$$

where

F – fuel potential of renewable energy sources, *tons of fuel equivalent per year*,

$P_{tech.ter.}$ – technical potential of RES, *mln KWh / year*,

b_e – the specific fuel consumption for the generation of electricity at TPPs, in *grams of fuel equivalent/kWh*.

Оценка топливного потенциала (эффекта) ВИЭ

Топливный потенциал ВИЭ рассчитывается по формуле:

$$B = \Pi_{тех тер.} \cdot b_э \quad (11)$$

где

B – топливный потенциал ВИЭ, т у.т./год;

$\Pi_{тех тер.}$ – технический потенциал ВИЭ, млн. кВт·час/год;

$b_э$ – удельный расход топлива на выработку электроэнергии на ТЭС, г у.т./кВт·ч.



Assessment (accounting) of the fuel potential (effect) of RES

The basic information on the actual values of the SFC in GRF/ kWh for the assessment of fuel potential of renewable energy sources are official reporting data on specific fuel consumption at TPPs, published in the documents of the Executive Committee of the EES of the CIS, including:

- Annual report "Electric Power Engineering of the Commonwealth of Independent States"
- consolidated monitoring reports of the "Roadmap on key environmental issues of the integration of the electricity markets of the EU and the CIS".

Оценка топливного потенциала (эффекта) ВИЭ

Исходной информацией о фактических значениях коэффициента b_z (г у.т./ кВт·ч) служат официальные отчетные данные об удельных расходах топлива на ТЭС, публикуемые в документах Исполнительного комитета ЭЭС СНГ, в том числе:

- ежегодном сборнике «Электроэнергетика Содружества Независимых Государств»;
- сводных отчетах о мониторинге «Дорожной карты по ключевым экологическим вопросам объединения электроэнергетических рынков ЕС и СНГ».



UNEP

Goal 7:

Ensure access to
affordable, reliable,
sustainable and
modern energy for all.



Dynamics of specific fuel consumption for electricity supply at power plants of the CIS member states * for the period from 2000 to 2016, in grf / kWh

Динамика удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии на электростанциях государств - участников СНГ* за период с 2000 по 2016год, г у.т./ кВт*ч

CIS member states Государства – участники СНГ	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
The Republic of Azerbaijan Азербайджанская Республика	411,3	378,8	327,9	317,6	313,5	314,2	303,6	293,5	291,96	285,73
Republic of Armenia Республика Армения.	373	390,7	384,1	304,0	285,0	299,4	289,2	298,0	285,3	283,1
Republic of Belarus Республика Беларусь	274,8	274,6	267,7	268,9	264,3	254,6	256,1	246,8	235,5	230,4
The Republic of Kazakhstan Республика Казахстан	385,0	362,2	350,8	352,2	355,0	360,1	361,9	378,2	382,1	382,5
Republic of Kyrgyzstan Кыргызская Республика	262,5	252,4	409,9	403,0	405,7	407,0	401,1	411,8	417,1*	424,7*
The Republic of Moldova Республика Молдова	346,0	н.д.	н.д.	279,4	249,5	254,5	250,2	238,6	299,4	227,9
Russian Federation Российская Федерация	341,2	334,3	333,1	334,4	330,6	334,0	328,7	325,5	322,8	319,3
The Republic of Tajikistan Республика Таджикистан	326,6	269,9	341,8	440,7	405,2	388,4	360,2	441,8	219,7	364,4
Turkmenistan Туркменистан	371,0	439,6	452,2	461,6	444,8	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
The Republic of Uzbekistan Республика Узбекистан	379,5	381,0	383,6	379,9	378,9	379,8	374,1	375,56	374,89	375,81



Estimated prevented greenhouse gas emissions

Since at TPPs more than 99% of GHG emissions are CO₂ emissions, it is recommended to estimate the prevented emissions of greenhouse gases only for this greenhouse gas.

Gross CO₂ emissions are recommended to be determined by the formula

$$M_{CO_2} = K_r \times B_r + K_y \times B_y + K_m \times B_m$$

Оценка предотвращённых выбросов парниковых газов

Так как на ТЭС более 99% выбросов ПГ составляют выбросы CO₂, то оценку предотвращённых выбросов парниковых газов рекомендуется проводить только по этому парниковому газу. Валовые выбросы CO₂ рекомендуется определять по формуле

$$M_{CO_2} = K_r \times B_r + K_y \times B_y + K_m \times B_m$$



Estimated prevented greenhouse gas emissions

B_G , B_C , B_{FO} – respectively, the consumption of natural gas, coal and fuel oil in tons of reference fuel (*trf*) substituted by the corresponding fuel potential of RES;

K_G , K_C , K_{FO} – emission factors emission factors (specific CO_2 emissions) from the combustion, respectively, of natural gas, coal and fuel oil in tCO_2/trf .

Оценка предотвращённых выбросов парниковых газов

B_g , B_u , B_m – соответственно, расход природного газа, угля и мазута в тоннах условного топлива (тут), замещаемый соответствующим топливным потенциалом ВИЭ;

K_g , K_u , K_m – коэффициенты эмиссии (удельные выбросы CO_2) при сжигании, соответственно природного газа, угля и мазута в $\text{tCO}_2/\text{т у.т}$



Estimated prevented greenhouse gas emissions

The quantitative values of emission factors are recommended to be taken as equal, respectively:

$$K_G = 1.62; K_C = 2.76; K_{FO} = 2.28$$

The values of these factors were obtained on the basis of the Inventory of greenhouse gas emissions of CHPs of RAO UES of Russia, take into account almost all types of solid fuel burned in the CIS countries and are confirmed by an international independent expert evaluation.

Оценка предотвращённых выбросов парниковых газов

Количественные значения коэффициентов эмиссии рекомендуется принять равными, соответственно:

$$K_G = 1,62; K_C = 2,76; K_M = 2,28.$$

Данные значения коэффициентов получены на основании Инвентаризации выбросов парниковых газов ТЭС РАО ЕЭС России, учитывают практически все виды сжигаемого твёрдого топлива в странах СНГ и подтверждены международной независимой экспертизой.

Assessment of prevented emissions of pollutants

Оценка предотвращённых выбросов загрязняющих веществ

The ecological potential of RES is calculated by the formula:

$$M = B \cdot K \cdot 10^{-3}$$

Where

M – volume (mass) of prevented emissions of pollutants, tons/year;

B – fuel potential of renewable energy sources, tons of fuel equivalent per year;

K_{NO_x} – specific emission of nitrogen oxides when burning natural gas, coal, fuel oil, kg/tons of fuel equivalent;

K_{SO_2} – specific emission of sulfur dioxide when burning coal, fuel oil, kg/tons of fuel equivalent;

K_{SP} – specific emission of solid particles (ash) when burning coal, kg/tons of fuel equivalent.

Экологический потенциал ВИЭ, тут/год рассчитывается по формуле

$$M = B \cdot K \cdot 10^{-3}$$

где:

M - объём (масса) предотвращённых выбросов ЗВ, т/год;

B - топливный потенциал ВИЭ, тут/год;

K_{NO_x} – коэффициент эмиссии (удельный выброс) оксидов азота- кг/т у.т. при сжигании природного газа, угля, мазута;

K_{SO_2} - коэффициент эмиссии (удельный выброс) диоксида серы- кг/т у.т. при сжигании угля, мазута;

$K_{тв}$ - коэффициент эмиссии (удельный выброс) твёрдых частиц (золы) кг/т у.т. при сжигании угля.

**Assessment of prevented emissions of
pollutants**

**Quantitative values of specific emissions of
pollutants**

PS - (K_{NO_x} , K_{SO_2} , K_{SP}),

**must be taken taking into account the
organic fuel burned in the territory under
consideration. For this purpose, it is
recommended to use the standard values of
emission coefficients for newly
commissioned and reconstructed boilers
installed in GOST R 50831-95**

and TR Republic of Kazakhstan

**“Requirements for emissions into the
environment when burning different types**

**Оценка предотвращённых выбросов
загрязняющих веществ**

**Количественные значения удельных
выбросов (кг/т у.т)**

ЗВ - (K_{NO_x} , K_{SO_2} , K_{SP}),

**необходимо принимать с учётом
сжигаемого на рассматриваемой
территории органического топлива. С
этой целью рекомендуется
использовать нормативные значения
коэффициентов эмиссии для вновь
вводимых и реконструируемых
котельных установок приведенных в
ГОСТ Р 50831-95**

**и ТР Республики Казахстан
«Требования к эмиссиям в
окружающую среду при сжигании
различных видов топлива в**

Principles for the development and implementation of regional programs

Program structure

The draft program should include:

goals and objectives of the program, specified qualitatively and quantitatively;

stages and terms of the program;

justification of financial and other costs;

calculations of socio-economic efficiency and assessment of environmental consequences;

description of the mechanisms for implementing the program (necessary regulatory and institutional changes, system for stimulating and attracting financial resources, organizing program management and monitoring its implementation);

information on government customers and program implementers.

The main stages of the development and implementation of the program

It is conditionally possible to distinguish 5 stages of program development, including:

Comprehensive analysis of source data and concept development;

Assessment of renewable energy potentials;

Assessment of the environmental and fuel effects of the realization of the potentials of wind and solar energy;

Description of measures that can be used to realize the potentials of wind and solar energy.

Monitoring the implementation of the program.

Принципы разработки и реализации региональных программ

Структура программы

•Проект программы должен включать:

•цели и задачи программы, конкретизированные качественно и количественно;

•этапы и сроки выполнения программы;

•обоснование финансовых и других затрат;

•расчеты социально-экономической эффективности и оценку экологических последствий;

•характеристику механизмов осуществления программы (необходимые нормативно-правовые и институциональные изменения, систему стимулирования и привлечения финансовых ресурсов, организацию управления программой и контроль над ходом ее выполнения);

•сведения о государственных заказчиках и исполнителях программы.

Основные этапы разработки и реализации программы

Условно можно выделить 5 этапов разработки программы, в том числе:

Комплексный анализ исходных данных и разработка концепции;

Оценка потенциалов возобновляемой энергетики;

Оценка экологического и топливного эффектов реализации потенциалов ветровой и солнечной энергии;

Описание мер, которые могут быть использованы для реализации потенциалов ветровой и солнечной энергии;

Мониторинг реализации программы.



UNEP

Goal 7:

Ensure access to
affordable, reliable,
sustainable and
modern energy for all.



Благодарим за внимание
We thank you for your attention