

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

1

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2016

ҚАҢТАР
ЯНВАРЬ
JANUARY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 1991-3494

Volume 1, Number 359 (2016), 55 – 64

SUNLIGHT POTENTIAL ASSESSMENT WITHIN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN FOR POWER GENERATION

V. O. Cheredov, A. M. Karimov, A. Zh. Akylbekova

“U. M. Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology”, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: chero17712@gmail.com, dustkoll@gmail.com, :aigul_igg@mail.ru

Key words: renewable sources of energy, solar batteries, helioenergy.

Abstract: Due to increasing world load on the environment, caused by using of burning fuel (oil, natural gas, coal) there is a big need in change to ecologically pure sources of energy. These sources are also renewable, that is the really important for future perspective. The most perspective resource for Kazakhstan is solar energy, because of climatic and geographical conditions of area.

The article contains the description of works, that determinate the potential of using solar energy in Kazakhstan. The research was made in the project “Creation of Atlas of renewable resources of energy”. This research has realized at “Institute of hydroecology and geoecology of Ahmedsafin”. In the research there were collected data (information) about climatic characteristics of the region, also were developed method of zoning the area of Kazakhstan on solar power potential that considers technical characteristics of solar batteries. Also there is a short description of maps of Kazakhstan, that describe the duration of daylight hours, numbers of non-solar days, amount of incoming solar radiation on square and zoning power efficiency of solar batteries by different types.

УДК 620.91:662.97

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В. О. Чередов, А. М. Каримов, А. Ж. Акылбекова

ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), гелиоэнергетика, солнечные батареи, ГИС, ЭКСПО-2017.

Аннотация. В связи с возрастающей по всему миру нагрузкой на окружающую среду, вызванной ежегодным увеличением объемов сжигаемого органического минерального топлива (нефть, природный газ, каменный уголь) и потребностью в переходе на экологически чистые источники энергоресурсов, очевидными являются преимущества, которые дает возможность использования энергии возобновляемых ресурсов. Одним из наиболее перспективных ресурсов для Казахстана является энергия солнечного излучения, что обусловлено климатическими и физико-географическими условиями территории.

Статья содержит описание результатов работ по определению потенциала использования энергии солнечного излучения для выработки электроэнергии применительно к территории Республики Казахстан, выполненные в рамках проекта "Создание Атласа энергетического потенциала возобновляемых источников энергии", реализованного ТОО "Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина". В ходе исследований был осуществлен сбор и анализ разнообразных природно-климатических характеристик региона с применением геоинформационных технологий и предложена методика районирования территории республики по гелеоэнергетическому потенциалу, учитывающая технические характеристики солнечных батарей. Приведено краткое описание подготовленного набора карт Казахстана по сезонным колебаниям продолжительности светового дня, числа пасмурных дней, количества поступающей солнечной радиации на единицу площади поверхности и районирования по энергетической эффективности солнечных батарей различных номинальных мощностей.

Республика Казахстан вырабатывает более 90 млн МВт электроэнергии в год. В 2014 г. объем выработки электроэнергии от возобновляемых источников энергии (далее - «ВИЭ») достиг 570 тыс. МВт. Использование ВИЭ позволит восполнить дефицит мощностей, снизить выброс парниковых газов и даст экономию топлива на фоне сокращения транспортных расходов по его доставке. Переход на альтернативные источники энергии оказывает влияние на экономику в целом и энергетику в частности.

Солнечная энергия занимает лидирующее положение среди ВИЭ и повсеместно доступна. Солнечное излучение, вследствие того, что оно исходит от источника с яркостной температурой около 6000°C , с термодинамической точки зрения является высококачественным первичным источником энергии, допускающим принципиальную возможность ее преобразования в другие виды энергии (электроэнергия, тепло, холод и др.) с высоким КПД. Однако, существенными ее недостатками с технической точки зрения, являются нестабильность (суточная, сезонная, погодная) и относительно малая плотность энергетического потока: за пределами атмосферы около $1,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, на земной поверхности в ясный полдень около $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, а в среднем за год (с учетом ночей и облачности) от 150 до $250 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, что тем не менее, соответствует ежегодному поступлению на 1 м^2 земной поверхности энергии, эквивалентной 150—250 кг у.т. (1 кг условного топлива = 7 Мкал)

Общее количество прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность по всей территории Казахстана достигает величины 2 млн. ТВт/год [1].

Ежегодно по территории Республики Казахстан величина прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность изменяется с севера на юг в пределах $3,11 - 4,42 \text{ кВт}/\text{м}^2$ в день. В среднем, значение этой величины составляет примерно $3,77 \text{ кВт}/\text{м}^2$ в день. Среднегодовая величина прямой солнечной радиации почти по всей территории Казахстана имеет широтно-зональное распределение. Значительная величина притока прямой солнечной радиации больше $4 \text{ кВт}/\text{м}^2$ в день характерна для территории, расположенной южнее 46° с. ш., где располагаются регионы наиболее перспективного использования фотоэлектрических модулей и гелиоустановок. Определение перспективности переработки солнечной энергии создаёт необходимость всестороннего исследования распределения гелиоресурсов.

Переработка возобновляемых источников энергии требует учёта многих факторов, невидимых на первый взгляд. Производительность солнечной батареи в пасмурный день снижается в пять раз по сравнению с вырабатываемой энергией в ясный солнечный день этим же фотоэлектрическим модулем. В процессе выработки электроэнергии солнечными батареями, с течением времени, постепенно снижается их производительность в результате "конденсаторного" эффекта, что даёт дополнительное снижение получаемых мощностей на 20 %. Устранение данного эффекта вызывает необходимость создания магнитного поля вокруг фотоэлектрических элементов. Этого можно достигнуть двумя способами: использованием постоянных магнитов или переводом индукции, обязательно сопровождающей работу солнечной батареи в магнитное поле.

Расположение фотоэлектрических модулей в местах с высоким энергопотенциалом может дать менее эффективную выгоду по сравнению с прогнозируемым валовым объёмом вырабатываемой электроэнергии. Поскольку места выработки энергии с высоким потенциалом могут оказаться на достаточно отдалённом от потребителя расстоянии, потери энергии при транспортировке могут достигать 30 %.

В рамках проекта "Создание Атласа энергетического потенциала возобновляемых источников энергии", реализованного ТОО "Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М.Ахмедсафина" по программе "Разработка чистых источников энергии Республики Казахстан на 2013-2017 годы, в рамках ЭКСПО-2017", был разработан комплексный подход к анализу природно-климатических условий для выявления потенциала данного вида возобновляемой энергии, а также составлены карты, отражающие комплекс параметров окружающей среды, учет которых необходим для определения оптимальных мест для расположения солнечных электростанций или выбора характеристик оборудования проектируемых электростанций, соответствующих конкретной географической точке в пределах республики.

Одним из основных факторов, определяющих производительность солнечных батарей, является количество пасмурных дней в году. Для учета данного показателя была составлена карта «Количество пасмурных дней в году», построение которой производилось по следующей методике: за максимально доступный период (по большинству метеорологических станций за 10 лет - с 1 февраля 2005 г. по 1 июня 2015 г.) произведена оценка выборки числа данных о количестве облаков более 70 % или туманам, по дневным срокам метеорологических наблюдений [2]. Дневными сроками считались сроки метеорологических наблюдений с 9:00 до 19:00 по местному времени [3]. Этот же период принят в качестве среднегодовой продолжительности дня. Также оценивалось общее количество дневных сроков метеорологических наблюдений. Количество пасмурных дней определялось по формуле (1):

$$N_{\Pi} = 365 * \frac{N_{>70}}{N_{\text{Общ}}} \quad (1)$$

где N_{Π} – число пасмурных дней в году; $N_{>70}$ – количество дневных сроков метеорологических наблюдений с облачностью более 70 % покрытия небесного свода (облачность более 7 баллов) или туманом; $N_{\text{Общ}}$ – общее количество дневных сроков метеорологических наблюдений.

Использовались данные о количестве облачности по 75 станциям, 55 из которых расположены в пределах границ Казахстана. Количество пасмурных дней в году изменяется с юга на север, от 120 в Кызылординской области до 220 на северо-западе Костанайской области. В горных районах на юго-востоке Алматинской области также наблюдается примерно 220-240 пасмурных дней в году.

В пределах Казахстана максимальное значение числа пасмурных дней отмечено на метеостанции г. Астана и составило 241,65 в год. Минимальное значение было отмечено на станции Казалинск и составило 120,98 дней в году.

Привязанные к метеопостам Республики Казахстан результаты расчетов путем интерполяции были визуализированы на карте (рисунок 1).

Следует отметить, что все картографические материалы, включенные в данную статью, были созданы в программном обеспечении «ArcGIS-10» и его модуле «Spatial Analysis».

Участие в построении карты результатов наблюдений метеостанций сопредельных государств позволяет повысить достоверность результатов моделирования на границах республики.

С учетом числа пасмурных дней [4] были подготовлены среднемесячные и среднегодовая карты интерполяции поступающей суммарной солнечной энергии на горизонтальную поверхность. При этом были использованы результаты спутниковых наблюдений NASA за 22-летний период (июль 1983 - июнь 2005 г.) [1]. Исходные данные представлены таблицей значений инсоляции, привязанной к точкам в узлах координатной сетки с шагом в 1 градус по широте и долготе. В пределах территории Республики Казахстан количество точек составляет 329. Для повышения точности построения карт на границах республики были использованы значения инсоляции точек, расположенных вне территории государства.

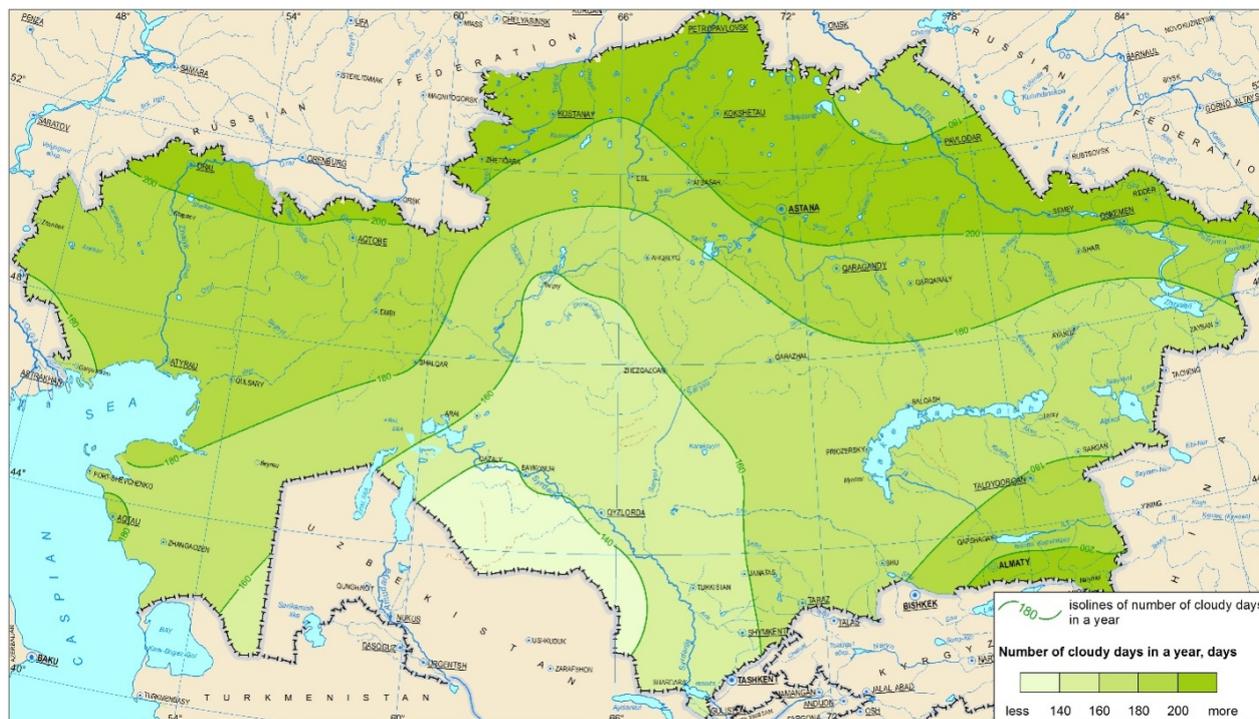


Рисунок 1 – Количество пасмурных дней в году для Республики Казахстан

На среднемесячных картах в качестве дополнительной информации были приведены изогелии – линии продолжительности (долготы) светового дня на середину каждого месяца года, изменяющиеся посезонно в широтном направлении. Их значения были вычислены по формулам (2) и (3) [5].

$$T_d(\text{ч}) = \frac{2 \arccos(-\text{tg}\varphi * \text{tg}\delta)}{15^\circ} \quad (2)$$

$$\delta = 23,45 * \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (3)$$

где φ – географическая широта на земной поверхности; δ – склонение солнца: угол к плоскости небесного экватора; n – порядковый номер дня, отсчитанный от последнего дня зимнего солнцестояния (текущий день+10).

На рисунках 2 и 3 представлены карты количества прямой солнечной радиации, поступающей на квадратный метр поверхности в пределах республики.

Среднегодовая продолжительность долготы дня в Казахстане составляет ориентировочно от 2000-3000 часов. Такие пределы обусловлены значительной протяженностью республики в широтном направлении, при этом для Южного Казахстана характерна слабая облачность в теплый период года. Значения количества солнечной энергии, поступающей на единицу площади, связаны с закономерностями распределения облачности.

Для территории Республики Казахстан возрастание количества поступающей солнечной энергии, преимущественно, выражено с севера на юг. На северо-востоке республики в январе в среднем поступает до $1,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ солнечной радиации, а на юге в тот же период – более $3,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Зимой суммарная радиация земной поверхностью частично отражается. В связи с небольшим углом падения солнечных лучей и краткостью дня, способностью снежного покрова отражать солнечные лучи величина солнечной радиации уменьшается.

В июле на севере республики в среднем на квадратный метр поверхности поступает до $4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ солнечной радиации, а на юге – более $7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$.

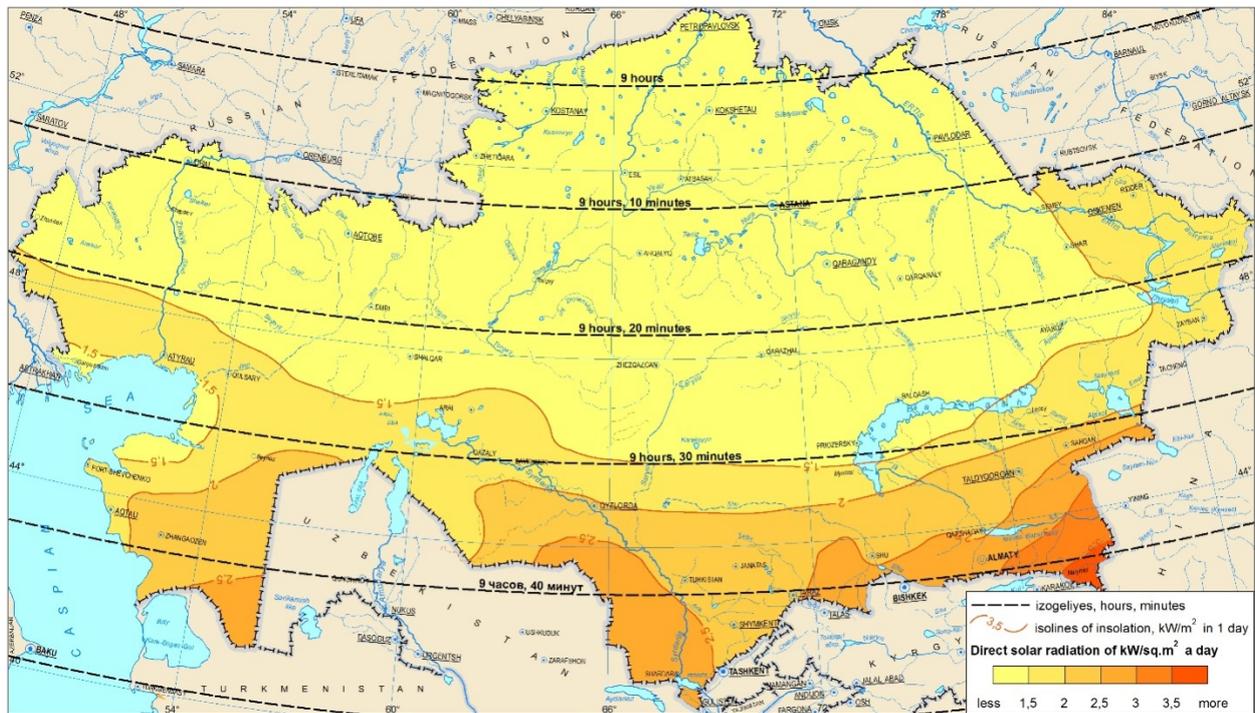


Рисунок 2 – Среднесуточная величина прямой солнечной радиации в январе, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в день

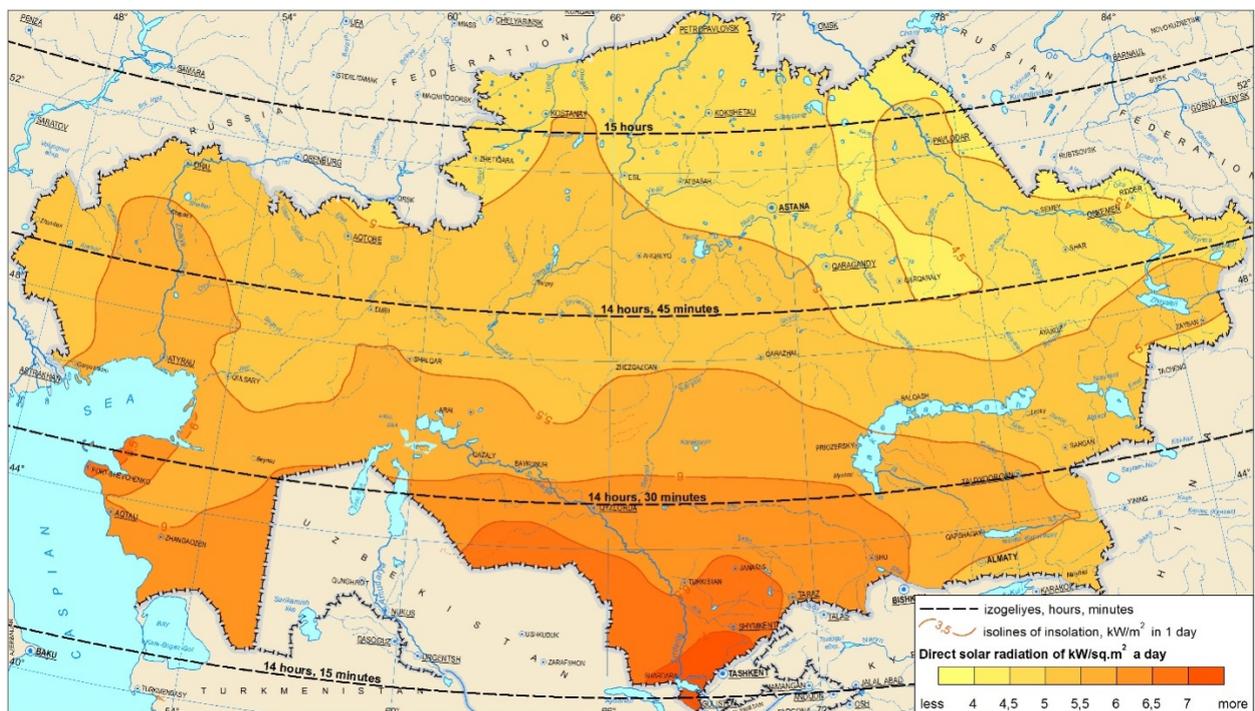


Рисунок 3 – Среднесуточная величина прямой солнечной радиации в июле, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в день

На основе сравнения среднемесячных значений прямой солнечной радиации отчетливо прослеживается их сезонные колебания. В таблице 1 приведены сезонные значения поступающей солнечной радиации для основных городов Казахстана, полученные в ходе анализа месячных карт.

Таблица 1 – Сезонные значения средней дневной инсоляции для основных населенных пунктов Казахстана

Населенный пункт	Среднее количество солнечной радиации в день, кВт*ч/м ²				Годовая сумма, кВт/м ²
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Атырау	52	124	163	85	1272
Балкаш	49	138	172	99	1372
Кызылорда	75	152	191	127	1634
Устькаман	53	124	145	78	1198
Актау	58	125	177	99	1382
Актобе	41	116	153	73	1147
Алматы	83	132	173	130	1554
Аральск	53	125	166	92	1306
Астана	42	121	144	74	1144
Байконур	63	138	179	108	1464
Жанаозен	71	126	176	106	1435
Капшагай	80	144	183	134	1621
Караганды	45	124	149	78	1186
Кокшетау	43	124	141	64	1118
Костанай	39	121	144	67	1111
Павлодар	44	131	145	72	1175
Петропавловск	39	122	143	60	1091
Сарканд	76	135	168	113	1477
Семей	49	131	144	78	1208
Талдыкорган	79	144	184	128	1600
Тараз	71	136	201	132	1621
Туркистан	76	148	195	132	1652
Уральск	42	122	154	65	1148
Шымкент	71	137	210	133	1650

Еще более заметно выражены месячные колебания количества солнечной радиации. На рисунке 4 приведены графики годовой динамики количества поступающей солнечной энергии для городов Астана и Алматы.

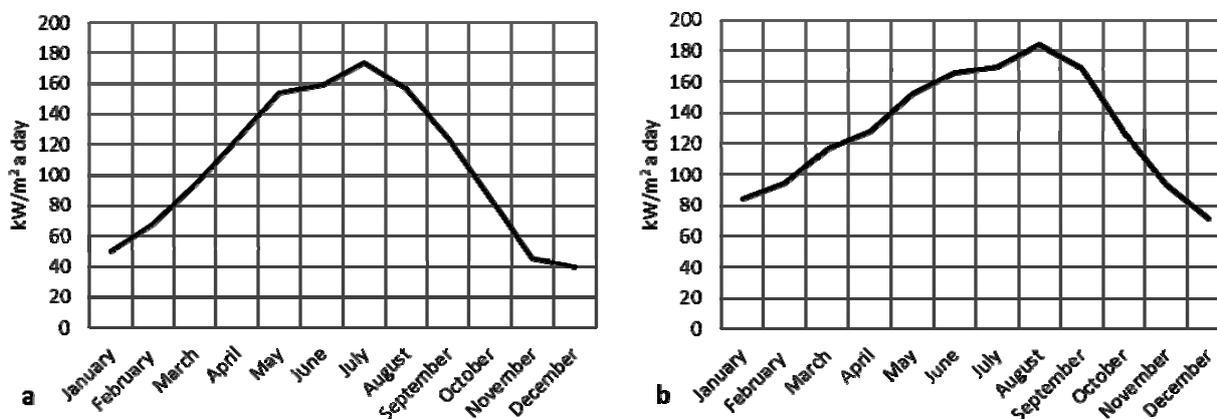


Рисунок 4 – Сезонная динамика поступления солнечной энергии для территории городов Астана (а) и Алматы (б), кВт*ч/м² в день

Распределение среднеевнего количества прямой солнечной радиации в году отражено в приведенном ниже рисунке 5.

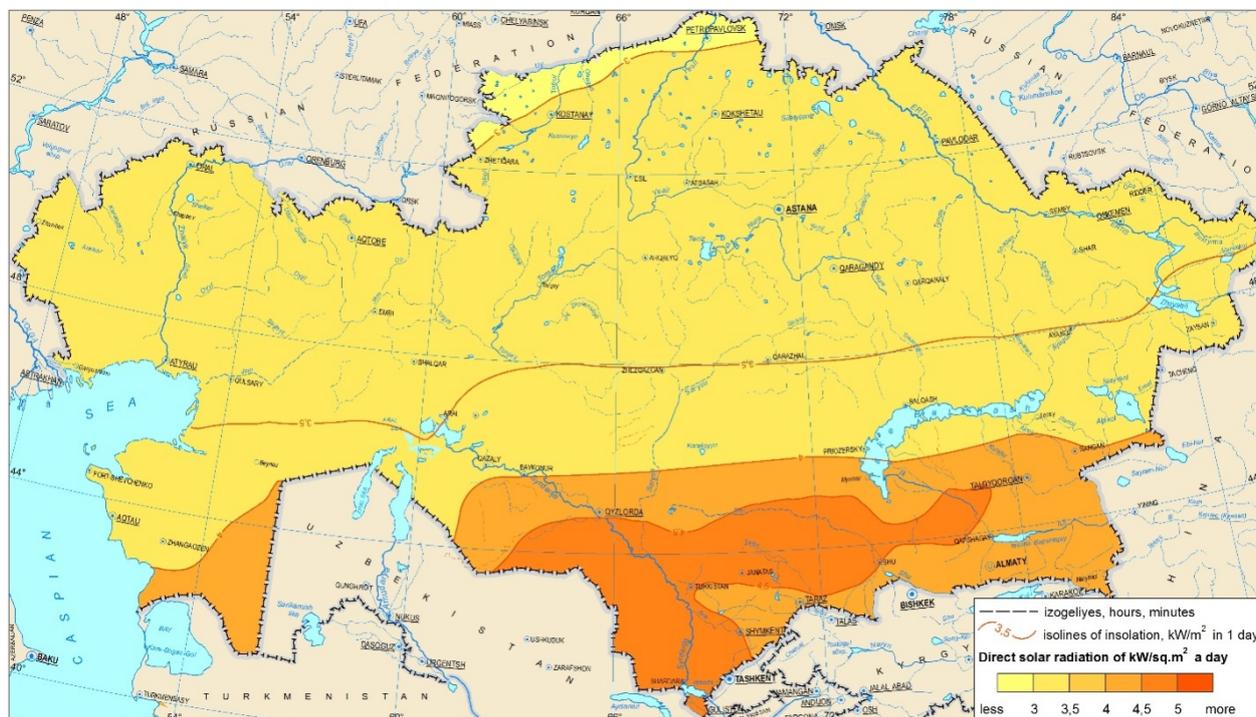


Рисунок 5 – Среднедневная величина прямой солнечной радиации в году, кВт*ч/м² в день

Как следует из приведенной выше карты, заметно возрастает инсоляция от северной границы Казахстана к южной.

На основе перечисленных выше исходных данных была разработана методика оценки гелиоэнергетического потенциала, применимая к любой географической точке, позволяющая подбирать солнечные панели по их технической спецификации для определенной местности. Данная методика основывается на оценке энергии, которая может быть получена от солнечных батарей различной мощности.

Распределение гелиоэнергетического потенциала по территории Республики Казахстан кВт/м² в год определено по формуле 4 [6].

$$E_{сб} = \frac{E_c \cdot P_{сб} \cdot \eta}{P_{инс}} * d * (365 - n_{п}) \quad (4)$$

где $E_{сб}$ – энергия вырабатываемая солнечной батареей кВт/м² в год; E_c – величина прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность кВт/м² в день; $P_{сб}$ – номинальная производительность солнечной батареи кВт/ч принималась равной 1, 3.2, 5 кВт/ч [7].

Следует отметить, что при оценке потенциала гелиоэнергетики территории Республики Казахстан учитывались технические характеристики фотоэлектрических модулей, выпускаемых отечественным производителем ТОО "ASTANASOLAR" [7]:

η – общий КПД принимался равным 16 %;

$P_{инс}$ – максимальная величина прямой солнечной радиации перпендикулярно солнечным лучам кВт/м² в день;

d – средняя продолжительность светового дня в году принималась равной 10 ч;

$n_{п}$ – количество пасмурных дней в году.

На основе данной методики была построена карта гелиопотенциала со шкалой производительности батарей, учитывавшей все три выбранные категории батарей.

На рисунке 6 показана карта гелиоэнергетического потенциала республики Казахстан, являющаяся итогом данной работы.

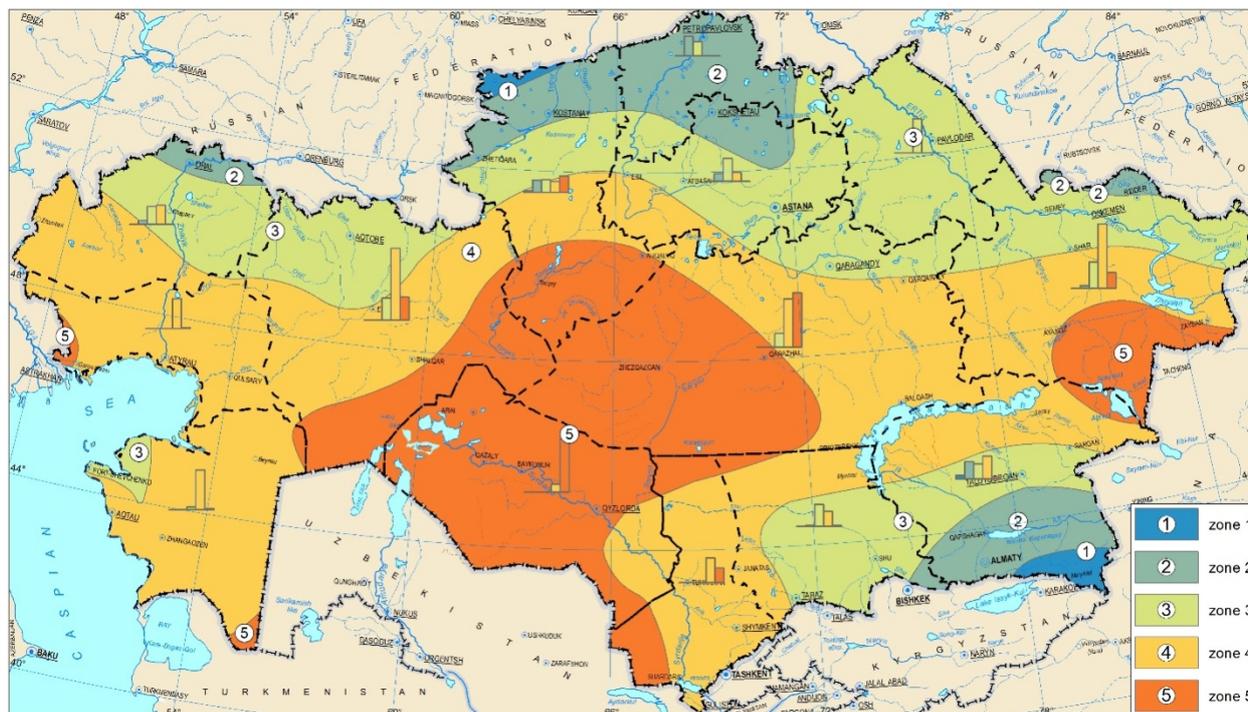


Рисунок 6 – Гелеоэнергетический потенциал республики Казахстан

На карте территория республики поделена на 5 зон, характеризующихся производительностью солнечных батарей, показанной в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетная производительность солнечных батарей

Номер зоны	Расчетная производительность, кВт*ч/м ²		
	Для номинальной мощность батареи 1 кВт/ч	Для номинальной мощность батареи 3,2 кВт/ч	Для номинальной мощности батареи 5 кВт/ч
Зона 1	< 200	< 640	< 1 000
Зона 2	200 - 225	640 - 720	1 000 - 1 125
Зона 3	225 - 250	720 - 800	1 125 - 1 250
Зона 4	250 - 275	800 - 880	1 250 - 1 375
Зона 5	> 275	> 880	> 1 375

Данный вариант районирования территории по гелиоэнергетическому потенциалу предполагает условное деление территории на области, характеризующиеся различной производительностью солнечных батарей, зависящей от технически заложенной в них номинальной мощности, что делает возможным подбор характеристик установок в зависимости от географической точки расположения проектируемой электростанции. Зоны на карте пронумерованы в порядке возрастания производительности солнечных батарей. Одна и та же зона демонстрирует возможности батарей каждой из трех выбранных номинальных мощностей. Так, например, для зоны под номером три расчетная производительность батареи с номинальной мощностью 1кВт/ч составит примерно 225-250 кВт*ч с 1м² ее рабочей поверхности, а производительность батареи номинальной мощности 5 кВт*ч будет колебаться в пределах 1125 - 1250 Вт*ч с 1м². Отсутствие заметного широтного возрастания прогнозируемой производительности солнечных энергоустановок связано с влиянием на результаты интерполяции условий облачности (исходных данных о количестве пасмурных дней в пределах республики).

Для каждой зоны определены соответствующие им площади в пределах республики. Площадь первой зоны в пределах республики составляет 19181 км², второй зоны – 234 581 км², третьей – 725 706 км², четвертой – 1 086 933 км², пятой – 646 503 км².

Также статистика рассчитана по областям Казахстана и выражена на картах в виде диаграмм (рисунок 6). В таблице 3 приведены площади зон в разрезе административных областей Казахстана.

Таблица 3 – Площади зон эффективности по административным областям Республики Казахстан, км²

Административная единица	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5
Акмолинская область		27812	85435	33388	
Актюбинская область			81632	264728	85985
Алматинская область	13220	62742	55737	83369	8041
Атырауская область			859	110094	3477
Восточно-Казахстанская область		8494	96730	237246	57500
Жамбылская область		3482	80677	56069	4000
Западно-Казахстанская область		14286	66873	69763	
Карагандинская область			50135	177248	198718
Костанайская область	5961	45159	46476	39497	59047
Кызылординская область				28822	197483
Мангыстауская область			10957	147013	5723
Павлодарская область			124770		
Северо-Казахстанская область		72456	51188		
Южно-Казахстанская область				90538	53304

Современные компьютерные технологии, такие как геоинформационные системы, позволяют построить инструментарий, обеспечивающий частичную автоматизацию вычисления для построения БГД и карт инсоляции больших территорий.

В настоящей работе сформулированы основные подходы, заложенные в инструментарий исчисления гелиоэнергетического потенциала, реализованные на базе ArcGISDesktop и модулей интерактивной обработки данных. Использование описанной методологии позволило создать карту гелиоэнергетического потенциала по всей территории Казахстана.

Разработанный подход позволяет в значительной мере автоматизировать процессы вычислений, что, в свою очередь, позволит оценивать потенциал использования солнечной энергии в Республике Казахстан или в других регионах в короткие сроки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0) // [Электронный ресурс]: URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [2] Погода в 243 странах мира // [Электронный ресурс]: URL: <http://rp5.kz/>
- [3] Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. - Л.: Гидрометеоздат. - Вып. 3. - Ч. 1. - 1989. - 316 с.
- [4] Surface meteorology and Solar Energy. A renewable energy resource web site (release 6.0), NASA // [Электронный ресурс]: URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>, 2005.
- [5] Астрономические формулы. // Справочник. / Р.У. Ибатулин. - 2013
- [6] Подбор и расчёт системы на солнечных батареях // [Электронный ресурс]: URL: <http://khd2.narod.ru/gratis/solbat.htm>
- [7] Производство фотоэлектрических модулей на основе казахстанского кремния и их применение ТОО Astana-solar // [Электронный ресурс]: URL: <http://astanasolar.kz/ru/product-electro>

REFERENCES

- [1] Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0) // [electronic resource]: URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [2] Weather in 243 countries around the world [electronic resource] URL: <http://rp5.kz/>
- [3] manual hydrometeorological stations and posts
- [4] Surface meteorology and Solar Energy. A renewable energy resource web site (release 6.0), NASA // [electronic resource]: URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>, 2005.
- [5] Astronomical formula //reference/R.U. Ibatullin. -2013

[6] Selection and calculation of solar powered//[electronic resource]: URL: <http://khd2.narod.ru/gratis/solbat.htm>

[7] Production of photovoltaic modules based on Kazakhstan's silicon and their use TOO Astanasolar//[electronic resource]: URL: <http://astanasolar.kz/ru/product-electro>

ЭЛЕКТР ҚУАТЫН ӨНДІРУ ҮШІН ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУМАҒЫНЫҢ ШЕГІНДЕ КҮННІҢ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ ӘЛЕУЕТІН БАҒАЛАУ

В. О. Чередов, А. М. Каримов, А. Ж. Ақылбекова

«У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты», ЖШС, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: қалпына келетін энергия көздері, гелиоэнергетика, күн батареялары, ГАЖ, ЭКСПО-2017.

Аннотация. Дүниежүзі бойынша қоршаған ортаға түсіріп жатқан жүктеменің өсуіне байланысты, яғни жыл сайынғы органикалық минералды отынды жағу көлемінің артуы (мұнай, табиғи газ, тас көмір) және экологиялық таза энергия қорлары көздеріне көшу қажеттілігі, артықшылығы айқын болып табылатын, қалпына келетін энергия қорларын пайдалану мүмкіндігін береді. Қазақстан үшін болашағы бар қорлардың бірі болып, яғни аумақтың физикалық және географиялық, климаттық жағдайларына дәйектелген күннің сәуле шығару қуаты болып табылады.

Мақалада "У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты" ЖШС жүзеге асырылған, "Қалпына келетін энергия көздерінің энергетикалық әлеуетінің атласын жасау" атты жобаның шеңберінде атқарылған, Қазақстан Республикасы аумағына сәйкес электр қуатын өндіру үшін күннің сәуле шығару қуатын пайдалану әлеуетін анықтау бойынша жұмыс нәтижелеріне сипаттама берілген. Зерттеу барысында геоақпараттық технологияны қолдану арқылы аумақтың әр түрлі табиғи-климаттық сипаттамасы жинақталған және талдау жасалған, күн батареяларының техникалық сипаттамалары ескеріліп, гелиоэнергетикалық әлеуеті бойынша республика аумағын аудандастыру әдістемесі ұсынылған. Әр түрлі номинальді қуатты күн батареяларының энергетикалық тиімділігі бойынша аудандастыру және жер беті ауданы бірлігіне күн радиациясының түсу мөлшері, бұлыңғыр күндердің саны, жарық күннің ұзақтығының маусымдық ауытқуы бойынша Қазақстанның дайындалған карта жинағында қысқаша мәлімет берілген.

Поступила 10.02.2016 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 16.02.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
12,0 п.л. Тираж 2000. Заказ 1.