

Международная конференция

Устойчивая энергетика в защиту окружающей среды. Изучение международного опыта
г. Мары, 28 ноября 2024 г.

«Зеленый» водород в Туркменистане – перспективы и вызовы. Модель солнца-водородной энергетической системы Туркменистана

Вепа Сарыев
Аспирант НПЦ ВИЭ ГЭИТ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ТУРКМЕНИСТАНА

«Зеленый» водород в Туркменистане – перспективы и вызовы

Докладчик: Сарыев Вера Байрамгелдиевич
Аспирант, Государственный энергетический институт
Туркменистана

Основными преимуществами водорода

В основе преимуществ водорода заложен принцип более высокого уровня его удельной теплоты сгорания (120–140 МДж/кг против 50 МДж/кг у метана). Этот газ имеет малое гидродинамическое сопротивление, почти в семь раз большую теплопроводность по сравнению с воздухом и в 14 раз большую теплоемкость. Кроме того, при сжигании водорода не выделяются вредные газы.



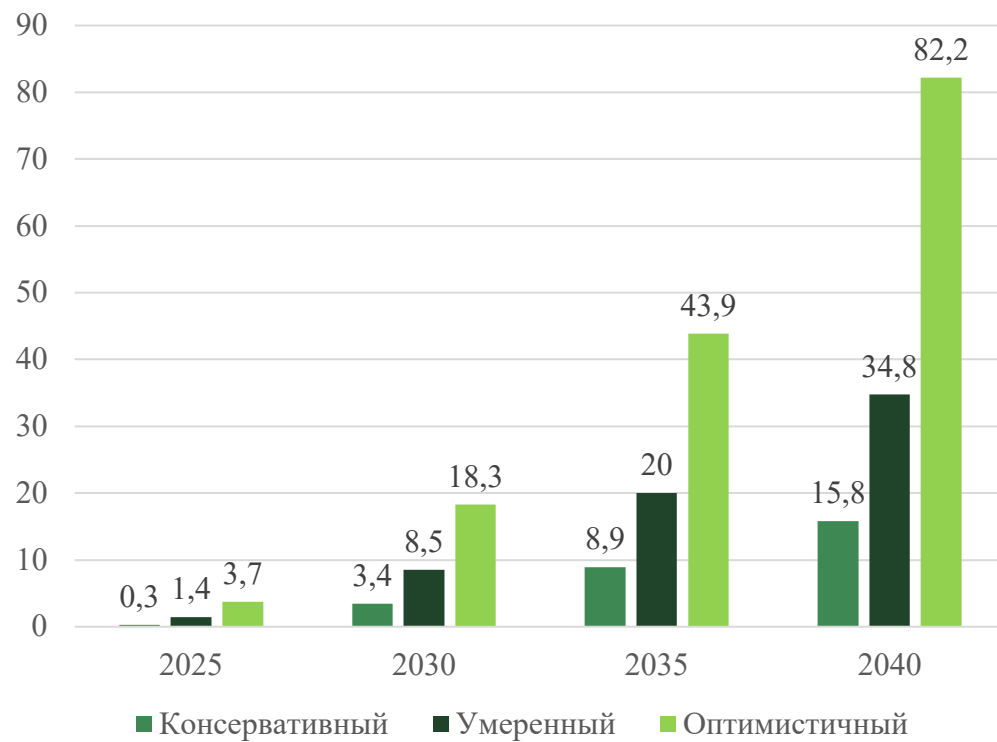
Источник контента: <https://naukatehnika.com/polucheniya-vodoroda-putem-rasshepleniya-vody.html>
naukatehnika.com

Технологии производства водорода

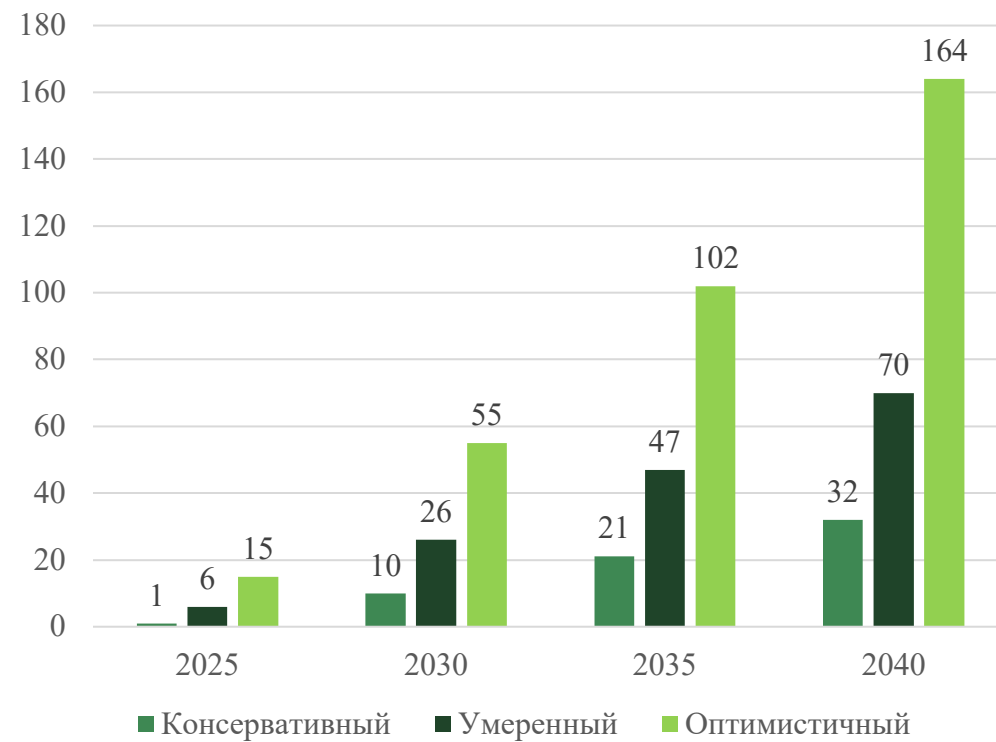


Прогноз мирового рынка водородного топлива

МЛН. Т



МЛРД ДОЛЛАРОВ США



Использование водорода в мире



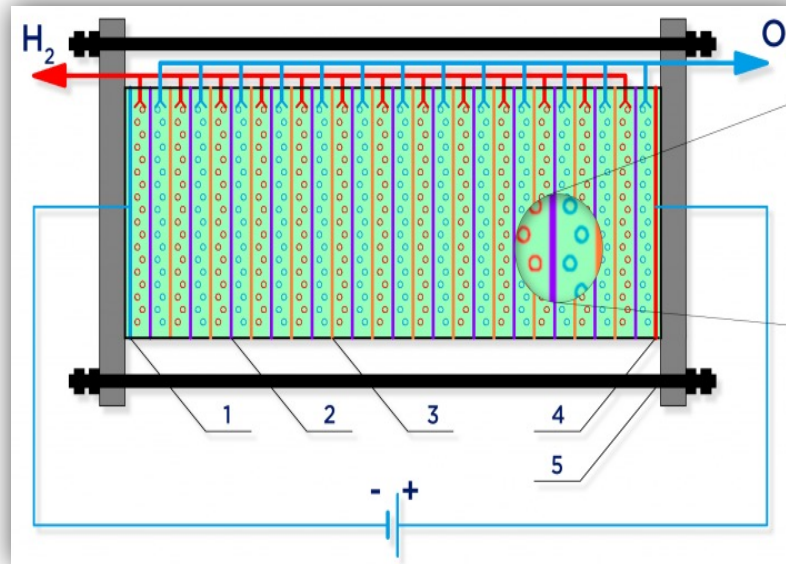
Нормативно-правовая база

- ❖ **« Государственная программа по энергосбережению на 2018-2024 годы».**
Постановление Президента Туркменистана от 21.02.2018г.
- ❖ **Программа развития энергетической дипломатии Туркменистана на 2021-2025 годы.** **Постановление Президента Туркменистана от 4.12.2020г.**
- ❖ **Национальная стратегия по развитию возобновляемой энергетики в Туркменистане до 2030 года.** **Постановление Президента Туркменистана от 4.12.2020г.**
- ❖ **Закон «О возобновляемых источниках энергии ». 13.03.2021г.**

❖ При активной поддержке Программы развития ООН наша страна подготовила **Определяемый на национальном уровне вклад Туркменистана (NDC)** на основе Парижского соглашения по изменению климата и утвердила его в мае 2022 года. Этот стратегический документ предусматривает сокращение выбросов парниковых газов на **20%** к 2030 году по сравнению с уровнем 2010 года.

Возможность использования «зеленого» водорода в небольших населенных пунктах

I. Солнечная радиация и ФЭС II. Производительность электролизера III. Водоснабжение



IV. Пилотный проект по использованию «зеленого» водорода

V. Результат

1.1. Потенциал ВИЭ в Туркменистане

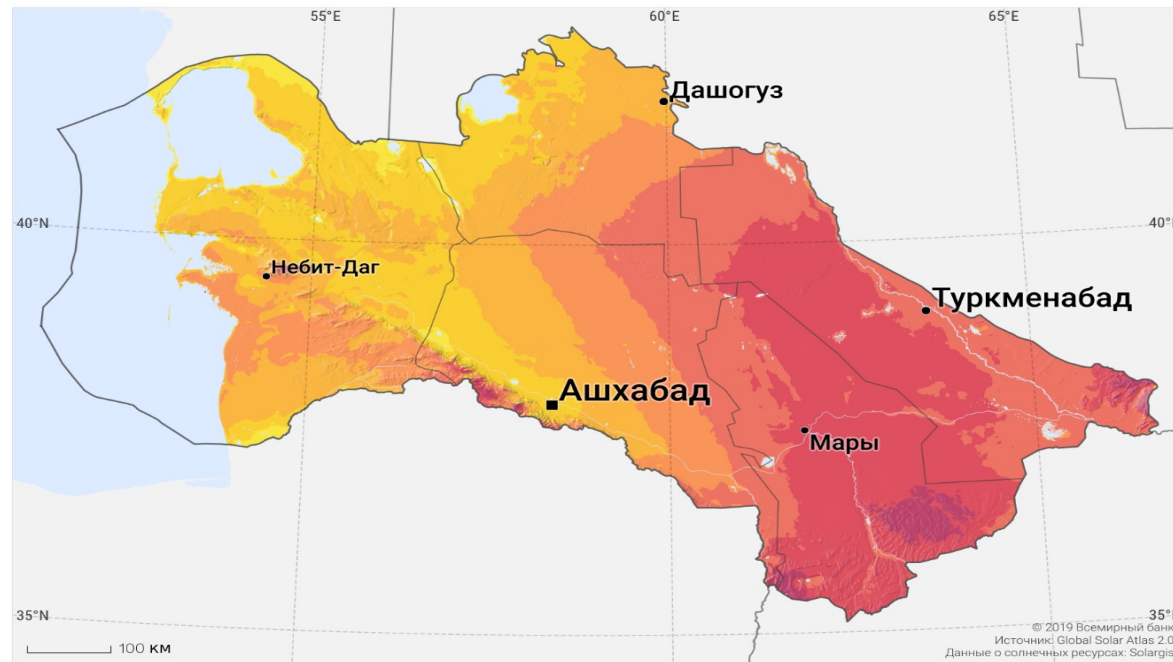


Потенциал ВИЭ в Туркменистане оценивается на уровне 110 млрд т.у.т. в год. Технический энергетический потенциал солнечной энергетики Туркменистана оценивается в 1,4 млрд т.у.т. в год.

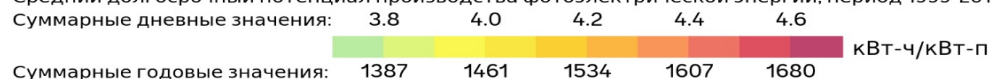
1.2. Энергетический потенциал Солнце в Туркменистане

КАРТА СОЛНЕЧНЫХ РЕСУРСОВ

**ПОТЕНЦИАЛ ПРОИЗВОДСТВА
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
ТУРКМЕНИСТАН**



Средний долгосрочный потенциал производства фотоэлектрической энергии, период 1999-2018 г.

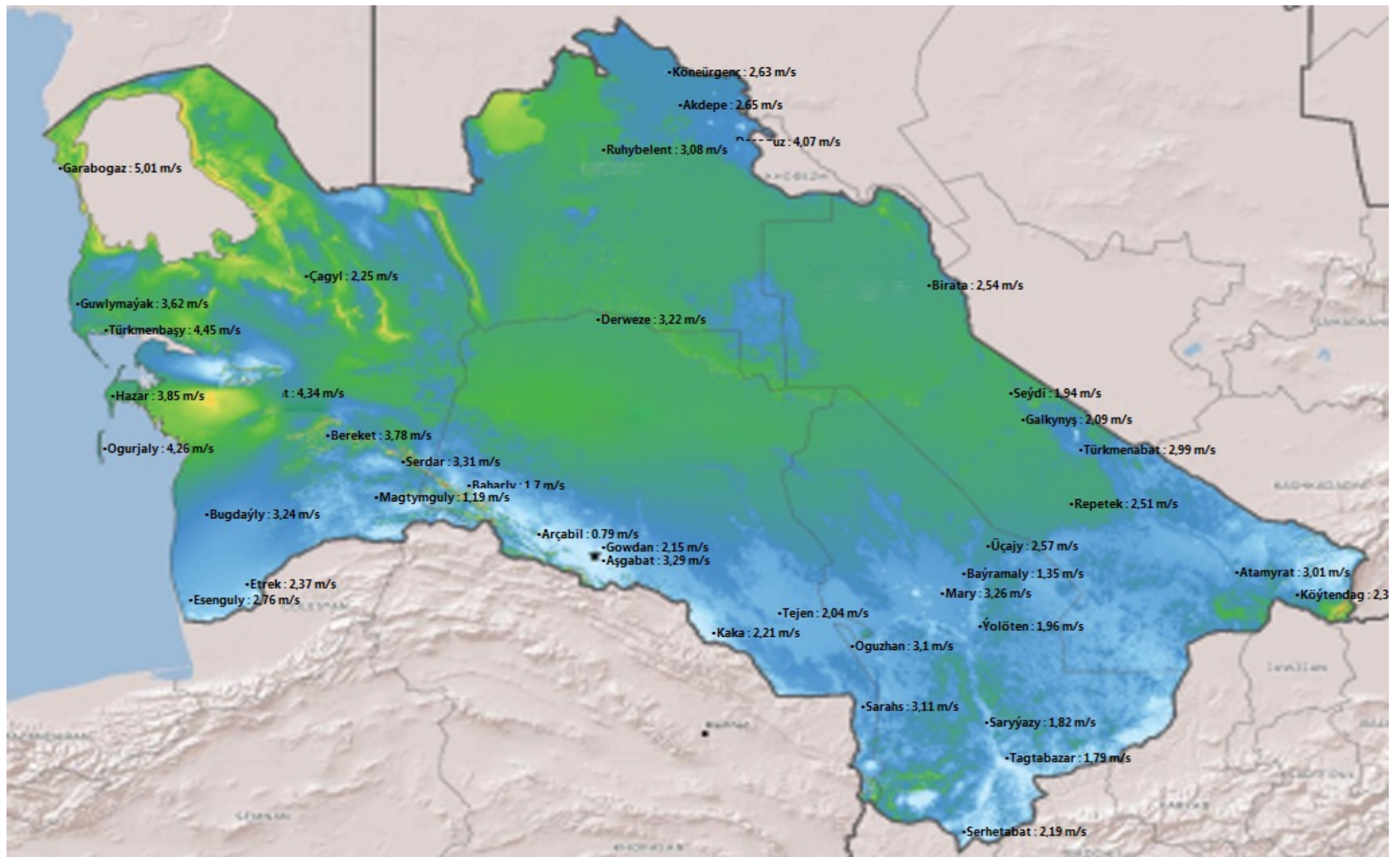


Карта опубликована Группой Всемирного банка при финансовой поддержке ESMAP, подготовлена организацией Solargis. Более подробную информацию и условия использования см. на веб-сайте <http://globalsolaratlas.info>.

Продолжительность солнечного сияния в Туркменистане составляет 2768-3081 час в году, количество горизонтальной солнечной радиации в течение года составляет 1800 кВт*ч/м², 75% его территории высоко пригодны для солнечных электростанций, 11,5% - средние, 13,5% были объявлены неблагоприятными.

1.3. Энергетический потенциал ветра в Туркменистане

Около 40 % территории Туркменистана считается выгодным для использования энергии ветра, особенно на северо-западных регионах. В этих регионах среднегодовая скорость ветра достигает выше 4 м/с. На северном берегу Каспийского моря удельная мощность воздушного потока высока и достигает 100-135 Вт/м². По всей территории Туркменистана чаще возникают слабые и средние ветры со скоростью от 0 до 5 м/с, из них повторяемость – со всех возможных ветров 75 – 85 %, общая площадь регионов со средней скоростью ветра в году выше 5 м/с из всей территории составляет 15%. А площадь регионов коэффициент использования мощности (для современных сооружений мощностью выше 250 кВт) которых выше 20% относительно общей территории выше на 20%. В общем, энергетическую мощность Туркменистана можно определить как 640 млрд. кВт·час. Данное время в нескольких регионах Туркменистана ведутся изучения энергетического потенциала ветра.



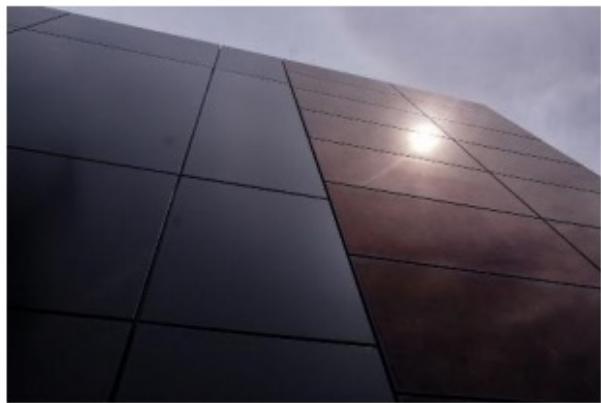
1.4. Сólнечная генера́ция

Это одно из направлений альтернативной энергетики, основанное на получении электрической энергии с использованием фотоэлектрических солнечных панелей и тепловой энергии, т.е. косвенно с использованием концентраторов .

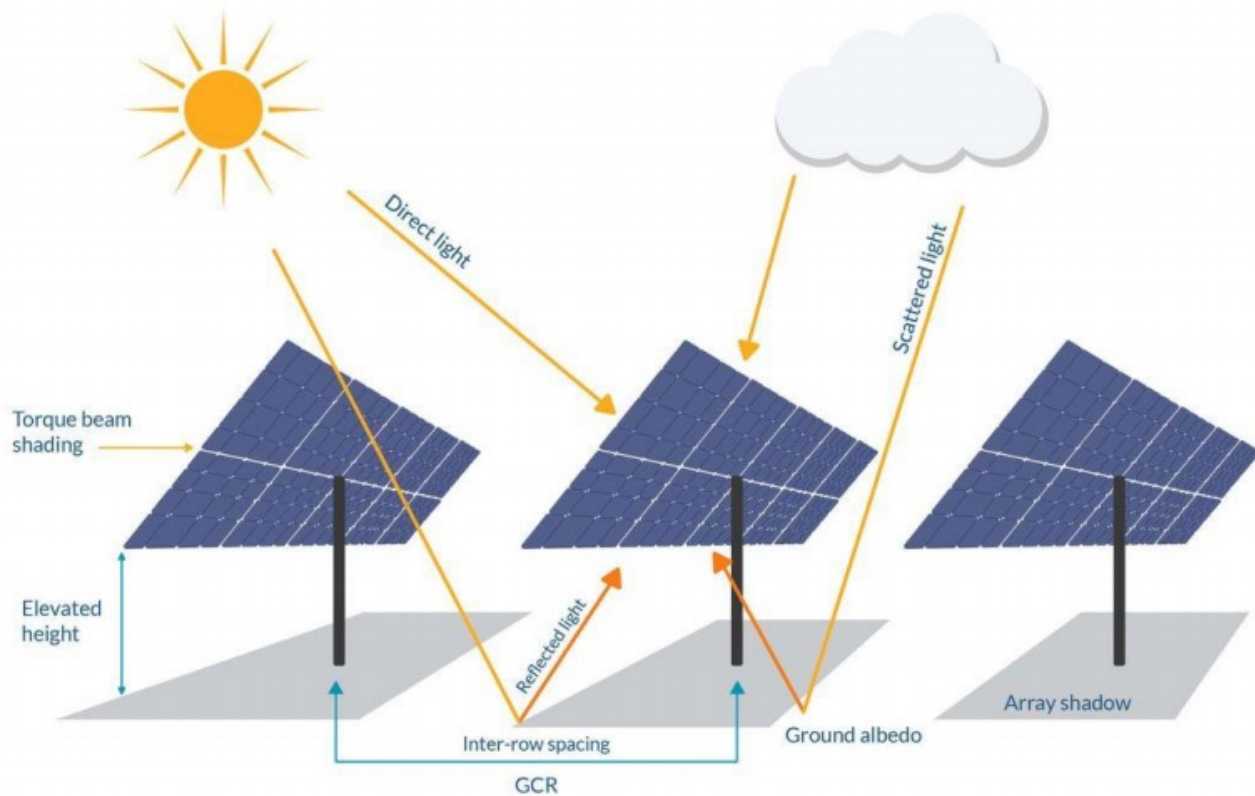
Солнечная генерация рассматривается как способ получения электроэнергии, достоинством которого является отсутствие вредных выбросов в процессе эксплуатации.

Источник контента: <https://naukatehnika.com/polucheniya-vodoroda-putem-rasshepleniya-vody.html> naukatehnika.com

1.5. Солнечные панели

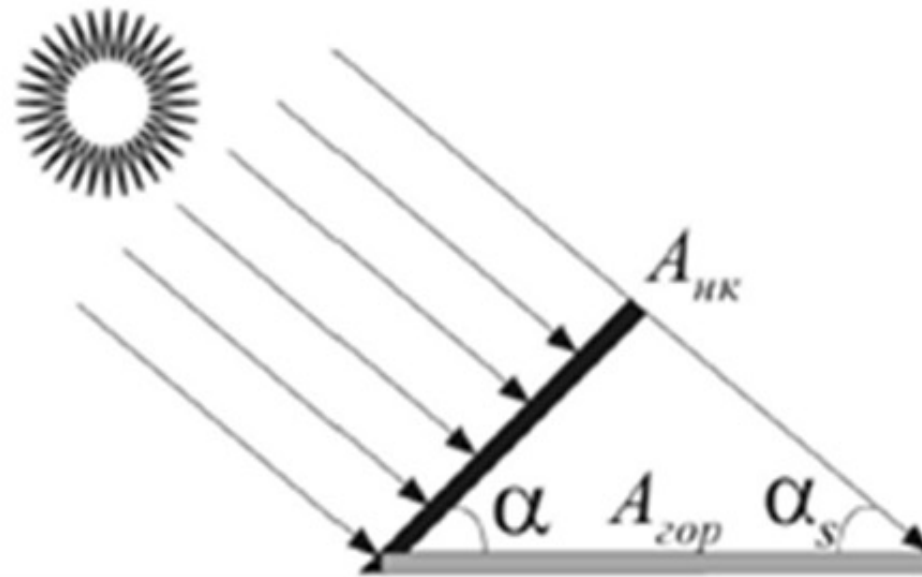


1.6. Двусторонние солнечные панели



1.7. Электрическая энергоэффективность солнечных панелей

Электрические энергетические характеристики солнечных панелей зависят не только от потенциала солнечной энергии в месте их установки, но и от угла ее наклона к горизонтальной плоскости.



1.8. Расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в течении года:

$$E = E_{udel,\beta} \cdot S = \sum_{i=1}^{12} E_{i,\beta} \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m \cdot S$$

где E –выработка ФСС в год;

$E_{udel,\beta}$ – удельная выработка ФСС с учетом наклона в течении года;

S – площадь ФСС;

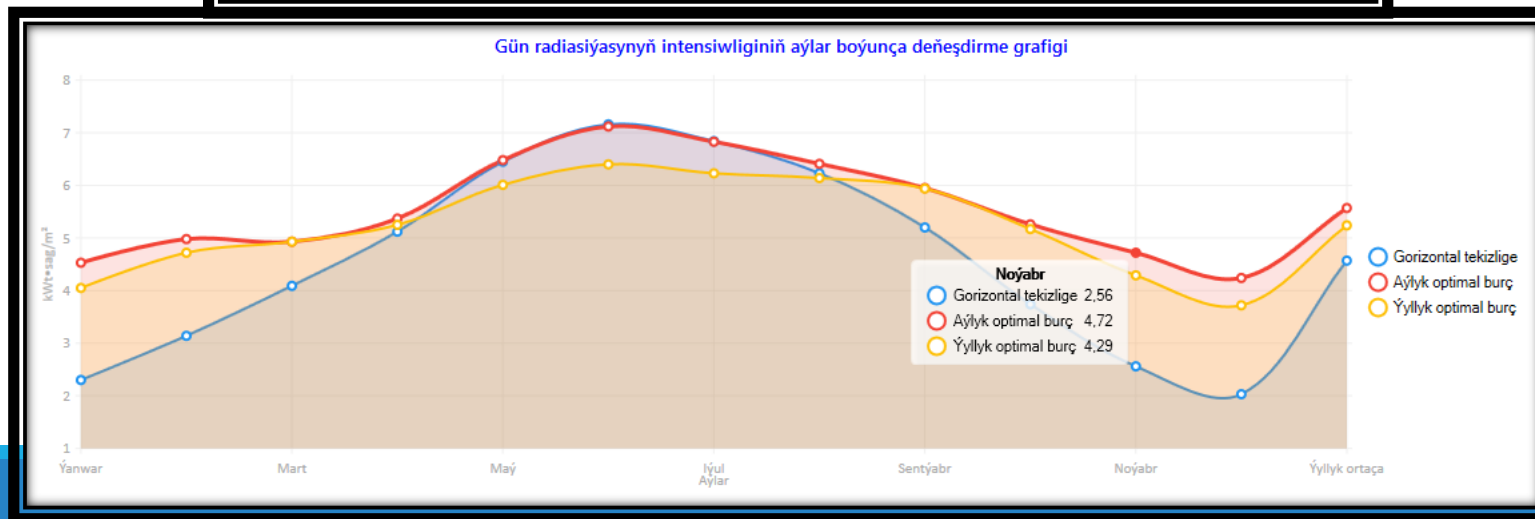
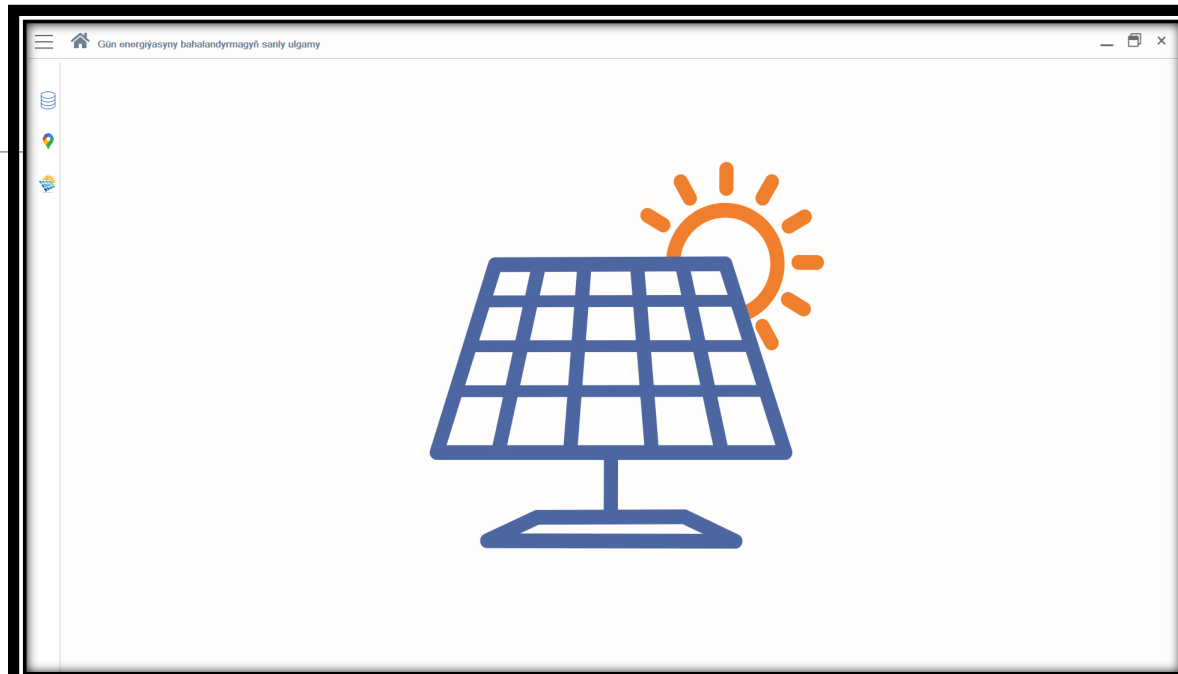
$E_{i,\beta}$ - приход солнечной энергии на оптимально ориентированную площадку с углом наклона $\beta = 36^\circ$ на широтах расположения ФСС в i -том месяце.

η_p Потери на ФСС составляет до 25%, а КПД

η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98,8%,

η_m принятый КПД солнечного модуля 19,2 %.

1.9. Цифровая система разработки солнечного кадастра





TÜRKMENISTANYŇ MALIÝE WE YKDYSADYÝET MINISTRLOGI
INTELLEKTUAL EÝEÇILIK BOÝUNÇA DÖWLET GULLUGY

№ 208
EHM ÜÇIN PROGRAMMANYŇ
ŞAHADATNAMASY



TÜRKMENISTANYŇ MALIÝE WE YKDYSADYÝET MINISTRLOGI
INTELLEKTUAL EÝEÇILIK BOÝUNÇA DÖWLET GULLUGY

№ 208 EHM ÜÇIN PROGRAMMANYŇ
ŞAHADATNAMASY

EHM üçin programmanyň ady: **Gün kadastryny işläp taýýarlamagyň sanly ulgamy (GKITSU)**

Haýyşnamanyň gelen senesi: **13.01.2022**

Haýyşnamanyň № **207**

Hukuk eýesi (ýurt): **Allanazarow Nurmuhammet Aganazarowıç (TM)**

Awtorlary (ýurt): **Allanazarow Nurmuhammet Aganazarowıç (TM)
Saryýew Kakageldi Atajanowıç (TM)
Jumaýew Aganiýaz Ýagşyýewiç (TM)
Saryýew Wepa Baýramgeldiýewiç (TM)**

Döwlet reyestrinde bellige
alnan senesi: **01.02.2022**

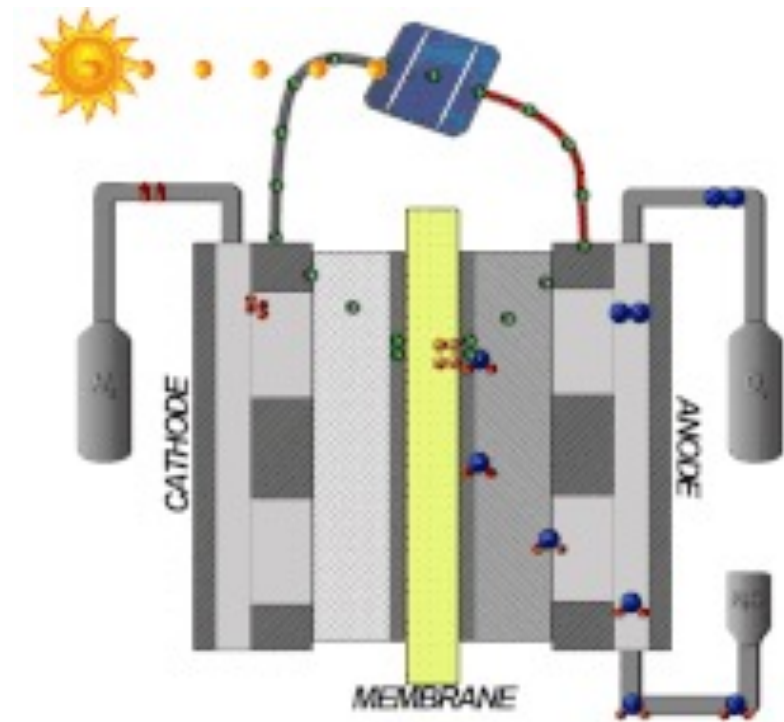


Başlyk  **A. Annaniýazow**

2.1. Производство «Зеленого» водорода

С использованием солнечной энергии существует технология получения водорода.

Система состоит из солнечного элемента на основе перовскита, подключенного к электродам из катализатора, который электролизует воду. Когда солнечный свет попадает на солнечный элемент, он производит электричество, которое приводит в действие катализатор, который затем расщепляет воду на кислород и водород. Этот водород называют «зеленым» водородом.



2.2. Расчет масса водорода , получаемая выбранным электролизером соответствующей мощностью:

$$m = \sum_{i=1}^{12} m_i = \sum_{i=1}^{12} \eta_{el} \cdot t_i \cdot N_i$$

где m – масса полученного водорода в течении года;

m_i – масса водорода, получаемая электролизером в i -том месяце;

η_{el} – эффективность работы электролизера;

t_i – количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день;

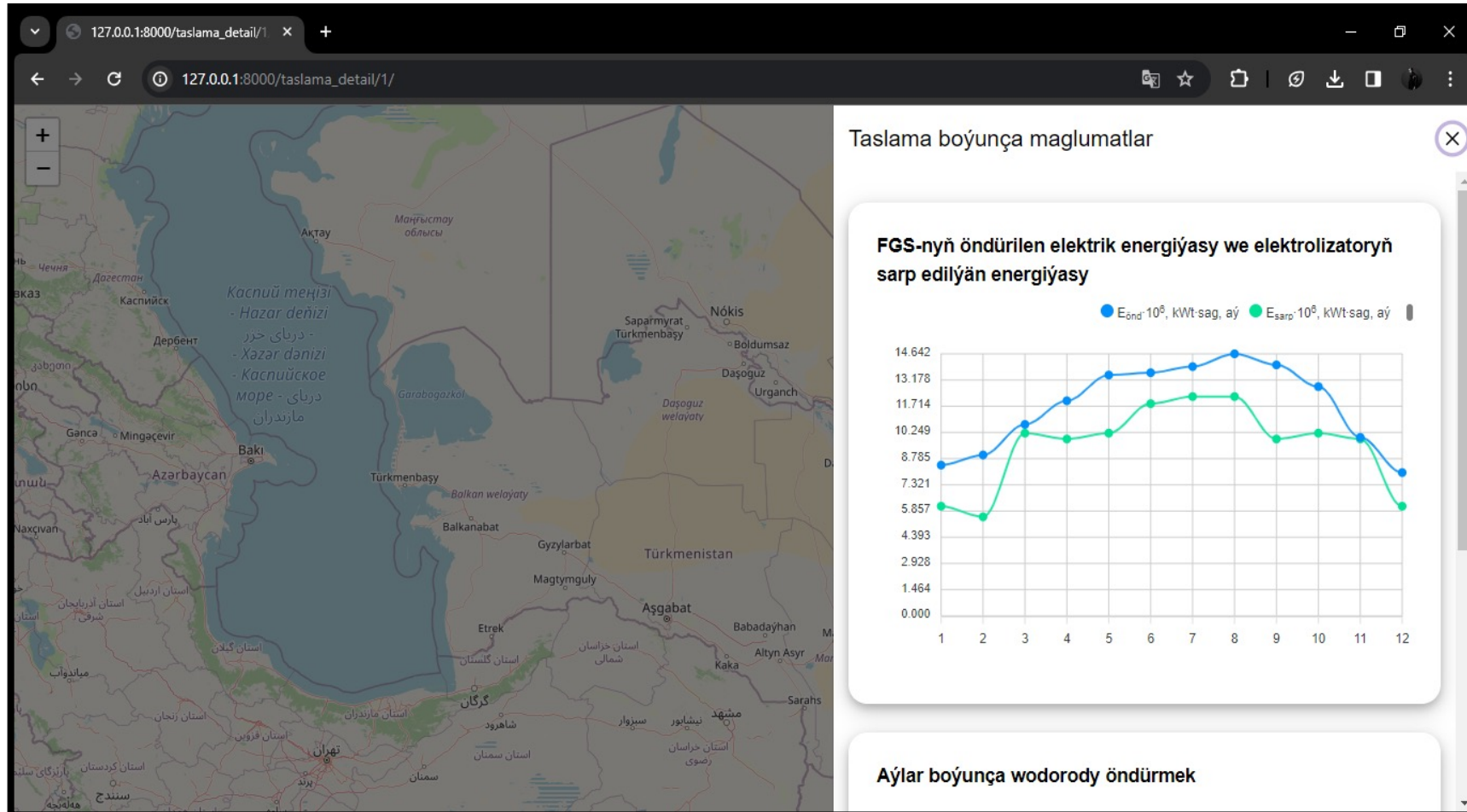
N_i – количество дней в месяц.

2.3. ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ТЕРРИТОРИИ ТУРКМЕНИСТАНА

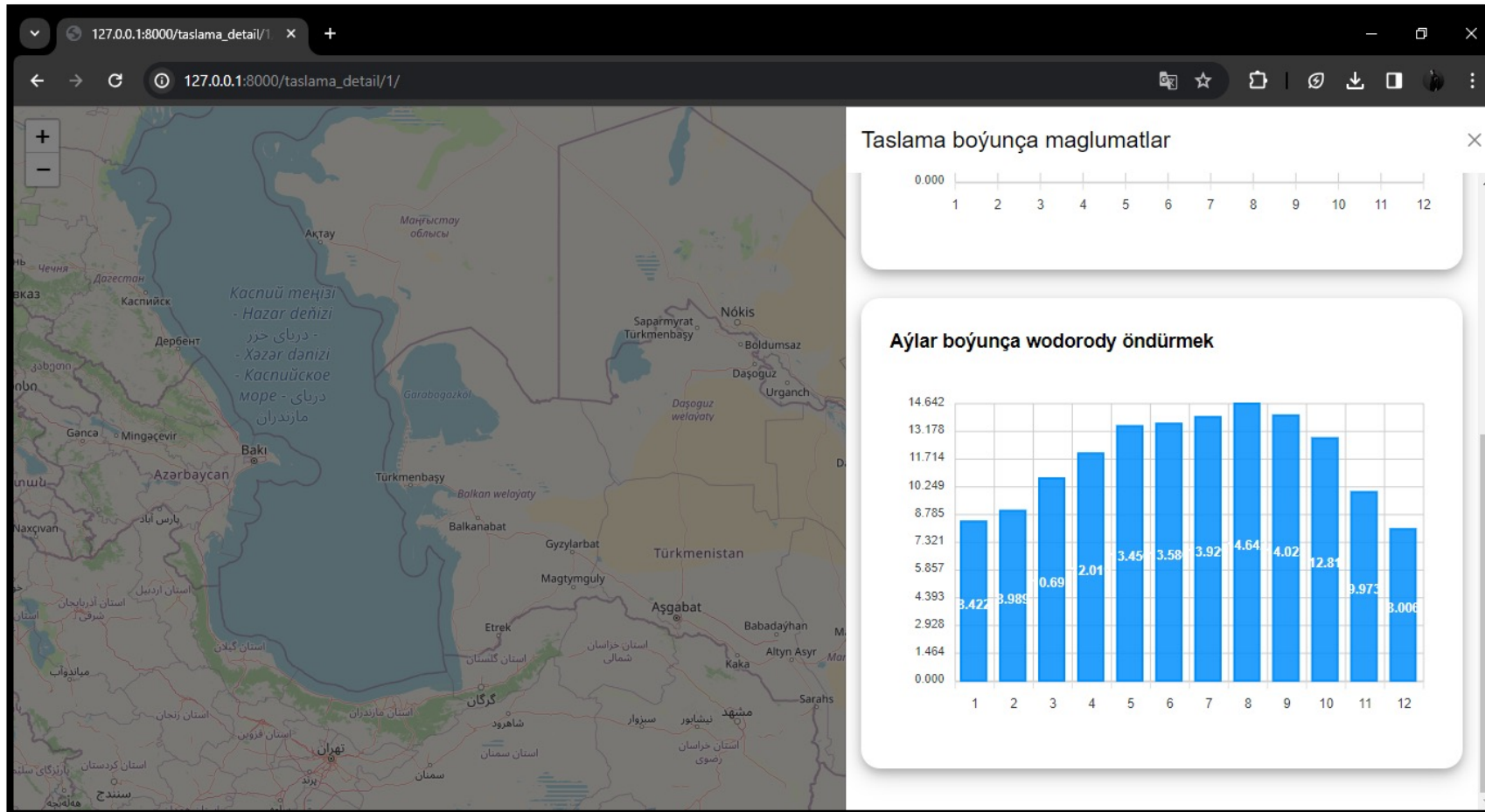
The screenshot shows a web browser window with the URL 127.0.0.1:8000. The page header includes the logo and name 'TÇWOGSU'. A sidebar on the left contains menu items: 'Täze taslama girizmek', 'Täze gün panel girizmek', 'Täze inwentor girizmek', and 'Täze elektrolizer girizmek'. A modal window titled 'Maglumaty girizmek' is displayed in the center, containing the following form elements:

- Input field: 'Taslamaňyň ady'
- Input field: 'Fotoelektrik gün stansiýanyň kuwwaty, watt'
- Input field: 'Gün paneli saýlaň'
- Input field: 'Inwentory saýlaň'
- Input field: 'Elektrolizeri saýlaň'
- Input field: 'Işe girizilýän elektrolizeriň kuww'
- Input field: 'Gün stansiýanyň ýerleşýän ýerini s'
- Input field: 'Gün panelleriniň ýerleşdiriliş burçui'
- Section: 'Aýlar boýunça sagat sany'
- Month selection buttons: ýanwar, fewral, mart, aprel, maý, iýun, iýul, awgust, sentýabr, oktýabr, noýabr, dekabr
- Buttons: 'Çyk' (red) and 'Tassyklamak' (purple)

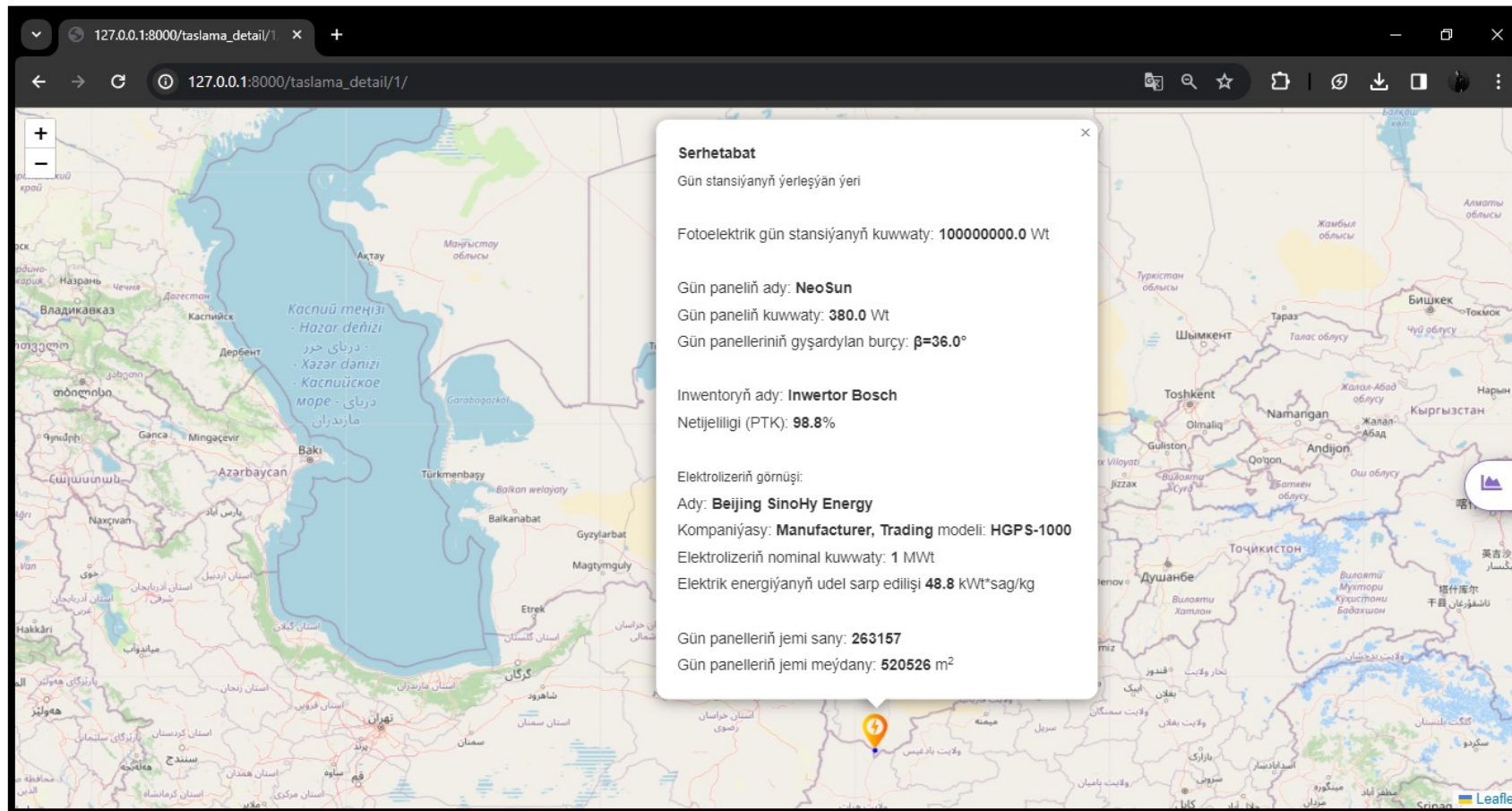
2.4. Вырабатываемая электрическая энергия ФСС и потребляемая энергия электролизера (синий. выруб. энерг. ФСС, зеленый. потребл. энерг. электролизера)



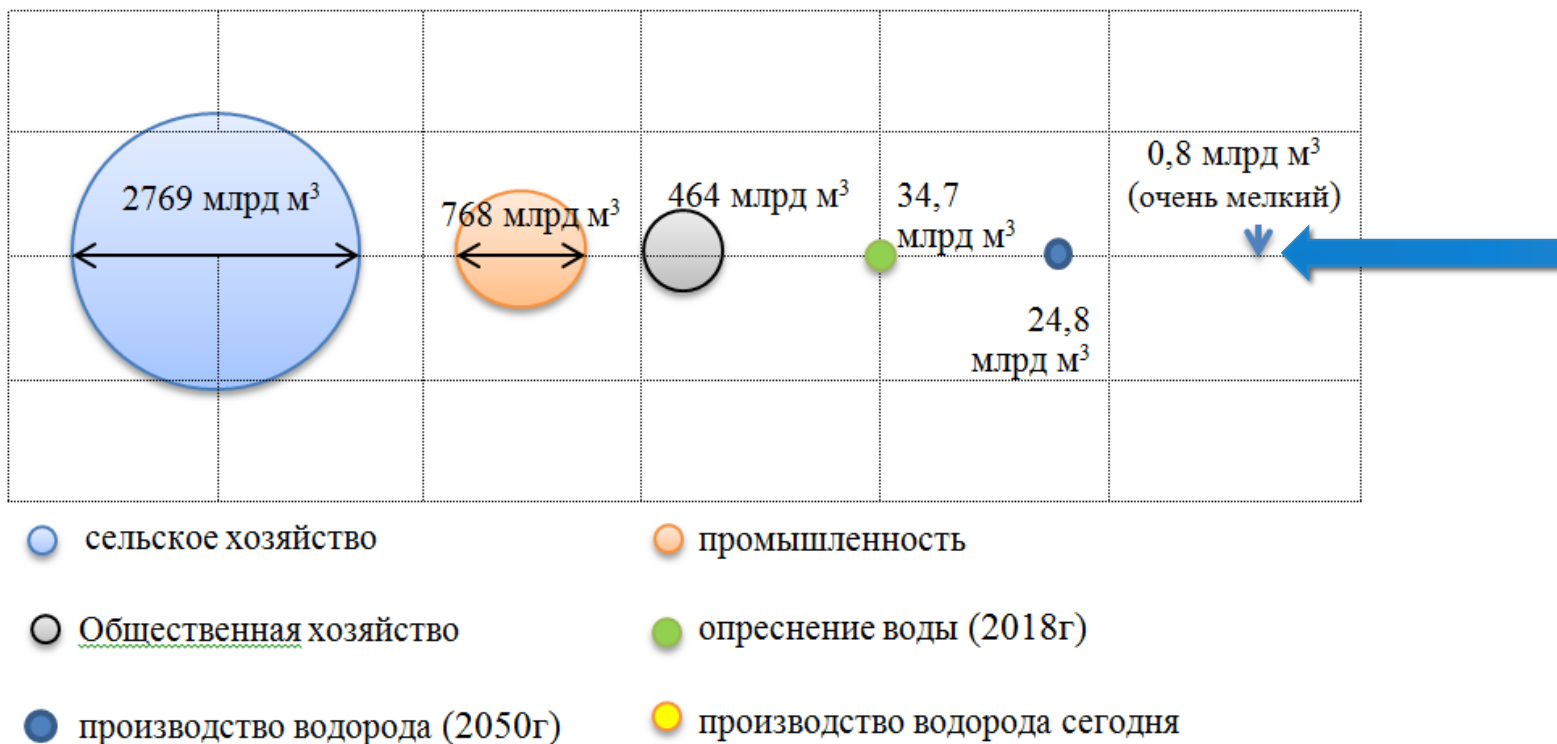
2.5. Производство водорода в течении месяца



2.6. Отображено данный о производстве энергии, потреблении, эффективности ВИЭ и других параметрах

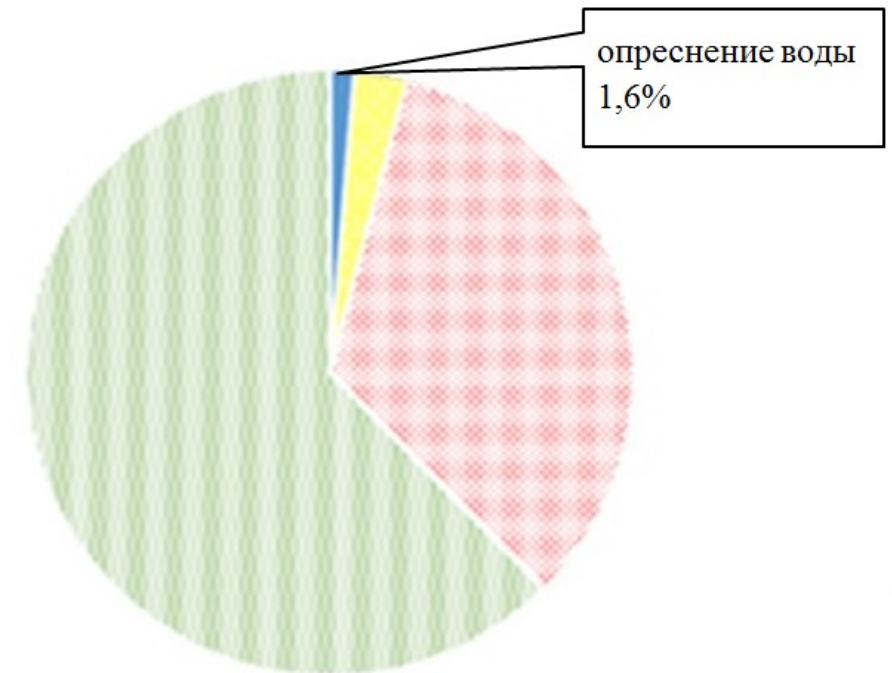


3.1. Потребность в воде для удовлетворения всех мировых энергетических потребностей за счет «зеленого» водорода



Источник : <https://energypost.eu/hydrogen-production-in-2050-how-much-water-will-74ej-need>

3.2. Потенциал работы электролизера из-за соленой воды



Источник : <https://energypost.eu/hydrogen-production-in-2050-how-much-water-will-74ej-need>

4.1. Пилотный проект по маломасштабному использованию «зеленого» водорода в Туркменистане



4.2. Электростанция комбинированного цикла мощностью 10 МВт



4.3. Технические характеристики ФСС мощностью 7 МВт

t/b	Названия и характеристики устройств	Сумма, количество
1	Суммарная мощность солнечных панелей	7 МВт
2	Количество солнечных панелей, 575 Вт	12175
3	Тип солнечных панелей	монокристалл
4	Площадь, покрытая солнечными панелями	31451,1м ²
5	Установка солнечных панелей	В фиксированном состоянии
6	Мощность солнечной панели	575 Вт
7	Коэффициент эффективности солнечных панелей	22,26%
8	Угол отклонения относительно горизонтальной плоскости	38 ⁰
9	Ориентация солнечной панели	Юг
10	Количество электроэнергии, производимой в течение среднего солнечного дня	35943,2 кВт·ч
11	Количество электроэнергии, произведенной в среднем за год	12,356546·10 ⁶ кВт·ч= 12,356546 миллион. кВт·ч

4.4. Технические характеристики электролизерной установки с мощностью 1 МВт

Технические характеристики	Значение и единица измерения
Номинальная мощность	1 МВт
Производительность по водороду	300 Нм ³ /ч, 27кг/ч
Регулирование производительности по водороду	15-100%
Удельный расход электроэнергии	4,4 кВт·ч/Нм ³ , 48,88 кВт·ч/кг
Давление водорода на выходе	30-200 кгс/см ²
Удельная плотность водорода	0,08988 кг/Нм ³
Нижняя теплотворная способность (НТС)	119,96 МДж/кг (т.е. 33,32 кВт·ч/кг или 3,00 кВт·ч/Нм ³)

4.5. В ходе вычислений были приняты следующие допущения: количество часов работы электролизера с установленной максимальной

производительностью в день: январь, февраль, декабрь – **3 часа**,
март, апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь – **5 часов**,
июнь, июль, август – **6 часов**;

Мощность электролизера была выбрана исходя из того, что ФСС будет покрывать его потребности в электроэнергии, следовательно производство водорода будет зависеть от выработки и режима работы ФСС. Исходя из этого, было решено выбрать электролизер мощностью **4 МВт**.

4.6. Потенциал работы электролизера из-за дождевой воды

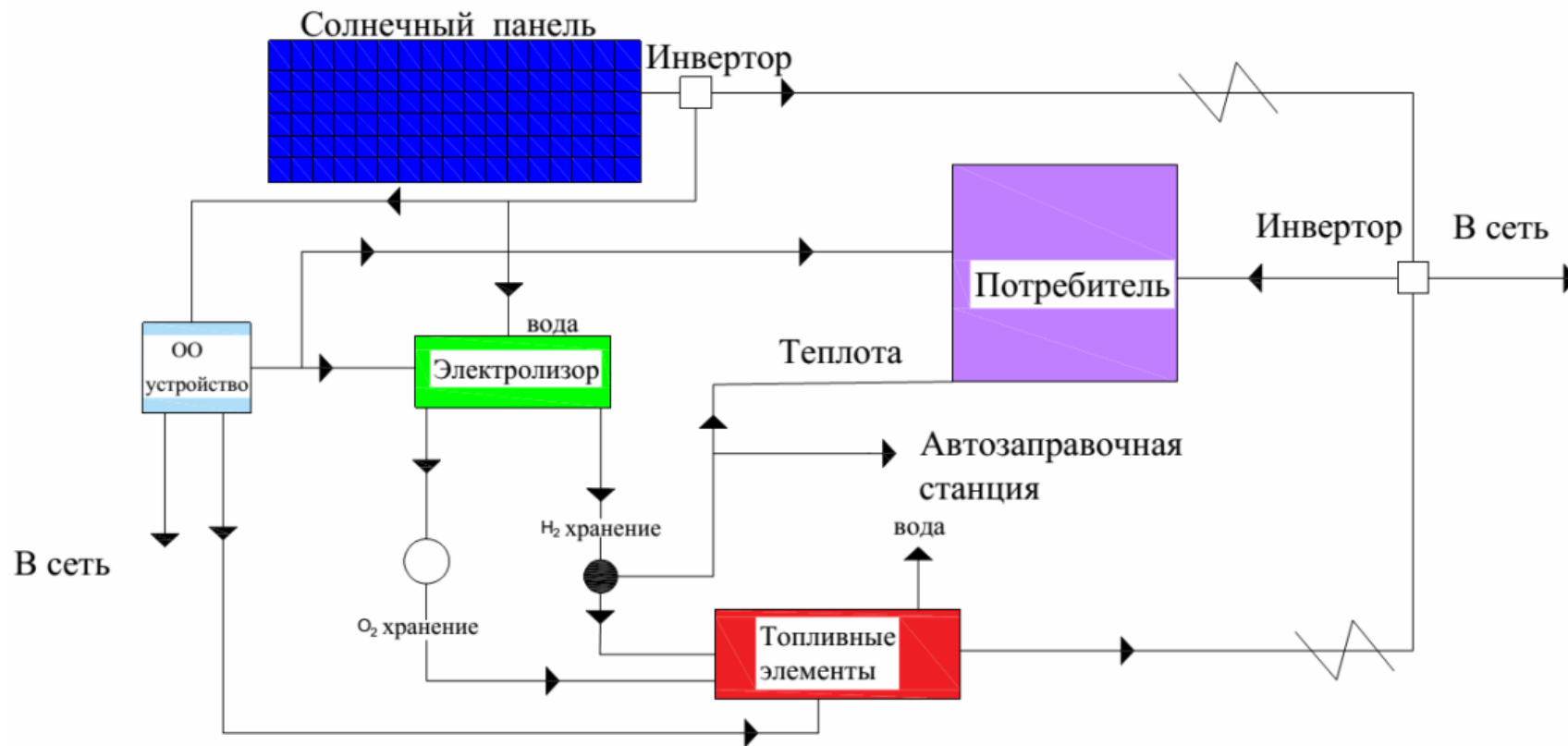


Место	Средне-годовое количество осадков, мм	Соотношение количества воды, необходимой для электролизера, к количеству воды, собранной из осадков
Туркменское озеро «Алтын-асыр» (4 МВт)	200	3,5

4.7. Пилотный проект по установке производства «зеленого» водорода на Туркменском озере «Алтын Асыр»

<i>Технические параметры и информация</i>	<i>Значение и единица измерения</i>
Населенный пункт, координаты	Туркменское озеро «Алтын Асыр»: с.ш 40° 44'; в.д. 56° 47'
Количество солнечных панелей	12175
Тип солнечных панелей	монокристалл
Выработка электрической энергии ФСС за год	$12,356546 \cdot 10^6$ кВт·ч/ год
Мощность электролизера	4 МВт
Производство водорода	197,1 т/год
Потребление энергии при производстве водорода	$9,636 \cdot 10^6$ кВт·ч/ год
Потребление воды при производстве водорода	1773,9 т/год

4.8. Экспериментальный проект солнечно-водородно-водяной многосторонней системы



4.9. Важность создания маломасштабного производства экологически чистого водорода

Если выбранная мощность ФСС рассчитана на время минимальной солнечной радиации (например, зимние месяцы), то ФСС будет производить больше электроэнергии, чем требуется в другие периоды высокой солнечной радиации. А поскольку количество солнечных дней в Туркменистане очень велико, накопление этой избыточной энергии увеличит коэффициент полезного действия ФСС. Самый удобный способ хранения энергии сегодня — получать «зеленый» водород.

4.10. Важность масштабного использования «зеленого» водорода в Туркменистане

Электростанции в Туркменистане работают на природном газе. В результате в атмосферу выбрасывается большое количество углекислого газа.



Количество природного газа, необходимого для производства 1 кВт·ч электроэнергии, зависит от нескольких факторов:

Тип электростанции:

- ТЭЦ: 0,18-0,25 м³/кВт·ч
- ГРЭС: 0,2-0,3 м³/кВт·ч

КПД электростанции:

- Чем выше КПД, тем меньше газа требуется для производства 1 кВт·ч электроэнергии.

Теплотворная способность газа:

- Зависит от его состава.

В среднем, для производства 1 кВт·ч электроэнергии требуется:

На ТЭЦ: 0,2 м³ природного газа.

На ГРЭС: 0,25 м³ природного газа.

В среднем, для производства 1 кВт·ч электроэнергии на ГТУ требуется:

В простом цикле: 0,25 м³ природного газа.

В комбинированном цикле: 0,2 м³ природного газа.

4.1. Значения коэффициентов выбросов CO₂ для различных видов топлива:

Природный газ: 50-56 кг CO₂/м³

Дизельное топливо: 2,67 кг CO₂/л

Бензин: 2,39 кг CO₂/л

Уголь: 95-105 кг CO₂/ГДж

Мазут: 74-81 кг CO₂/ГДж

Снижение выбросов CO₂:

Использование более чистых видов топлива:

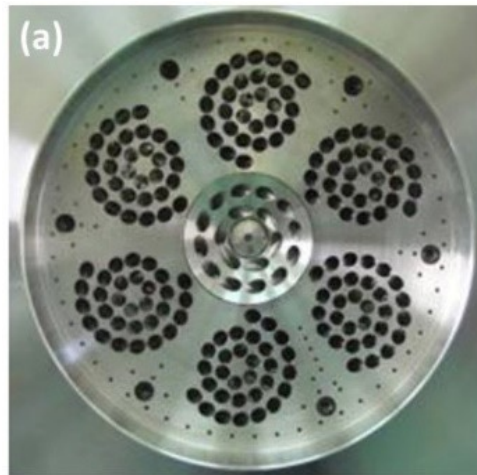
- Переход на возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия.
- Повышение энергоэффективности.

Использование более совершенных технологий сжигания:

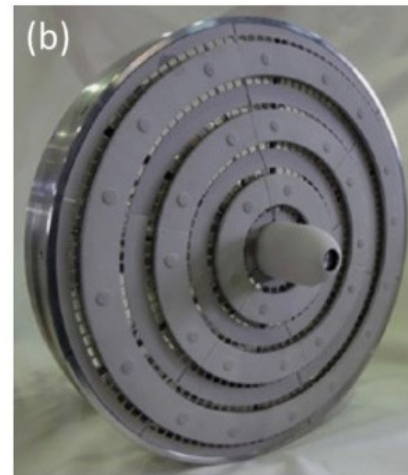
- Разработка и внедрение новых технологий сжигания, позволяющих снизить выбросы CO₂.

Основные технологии сжигания H_2 в больших концентрациях (от 10 до 100 %)

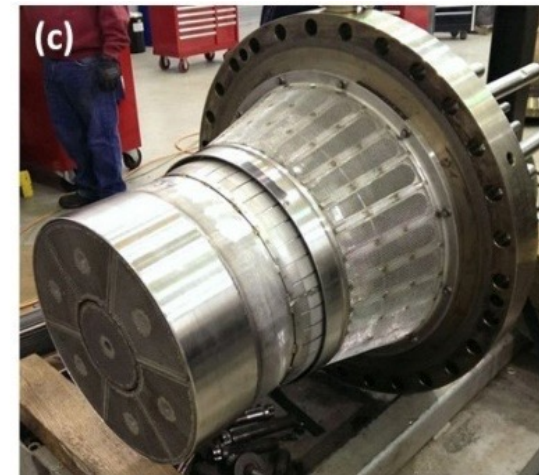
- диффузионное горение: смешивание компонентов топлива и окислителя непосредственно в камере сгорания, характеризуется высокой стабильностью процессов горения и образованием высоких концентраций NO_x в дымовых газах (от 200 до 600 ppm)
- использование предварительно подготовленной обедненной смеси («сухое» горение) Концентрация NO_x в дымовых газах современных систем снижается до 5 - 10 ppm)



a) Mitsubishi Power

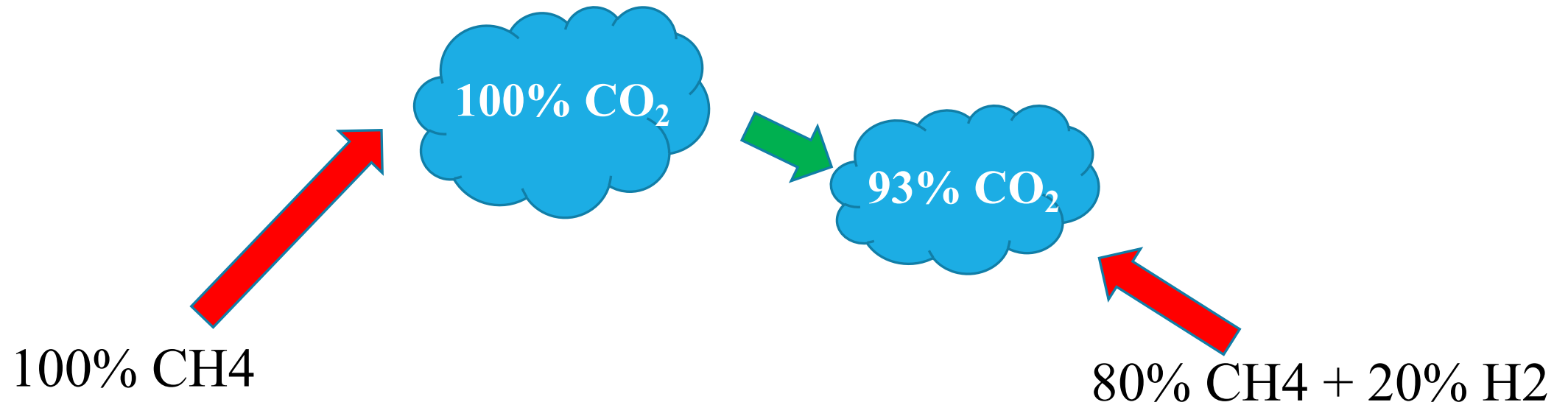


b) Kawasaki Heavy Industries



c) GE Gas Power

В результате исследований, проведенных мировыми учеными, доказано, что при использовании в ГТЭС 20% водорода в природном газе нет необходимости изменять его структурные характеристики и количество газов CO₂, выбрасываемых в окружающую среду, может быть уменьшено. сократилось примерно на 7%.



Литература: Й.Дикхофф, А.Хорикова, В.Функе. Новая водородная камера сгорания DLE. Газотурбинные технологии. №1 2022 (184)

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Определено перспективное использование солнечной энергии в производстве водорода.
2. Разработан экспериментальный проект фотоэлектрической солнечной электростанции для разработки модели многосторонней солнечно-водородно-водяной системы.
3. Путем разработки модели многосторонней солнечно-водородно-водяной системы выявлена возможность обеспечения чистой электроэнергией, топливом и пресной водой небольших хозяйств вдали от центральной системы электроснабжения.

Также:

- ✓ сокращению выбросов парниковых газов, содействие достижению целей Парижского соглашения по климату и внесение вклада в смягчение последствий изменения климата во всем мире;
- ✓ декарбонизации отечественной экономики;
- ✓ диверсификации импорта топливно-энергетических ресурсов;
- ✓ обеспечение конкурентоспособности экономики Туркменистана условиях глобального энергетического перехода.

Спасибо за внимание!
