

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННОГО ВОДОРОДА В ТУРКМЕНИСТАНА

АГАНИЯЗ ДЖУМАЕВ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ТУРКМЕНИСТАНА

ПЛАН

- * Анализ исследований международных организаций**
- * Основные условия развития возобновляемой энергетики**
- * Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана**

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE

**Низкоуглеродное производство водорода
в странах СНГ и его роль в развитии
водородной экосистемы и экспортного
потенциал энергетики**

СЕРИЯ ПУБЛИКАЦИЙ ЕЭК ООН ПО ЭНЕРГЕТИКЕ No. 77
UNITED NATIONS GENEVA, 2023

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE

Низкоуглеродное производство водорода в странах СНГ и его роль в развитии водородной экосистемы и экспортного потенциала



UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE

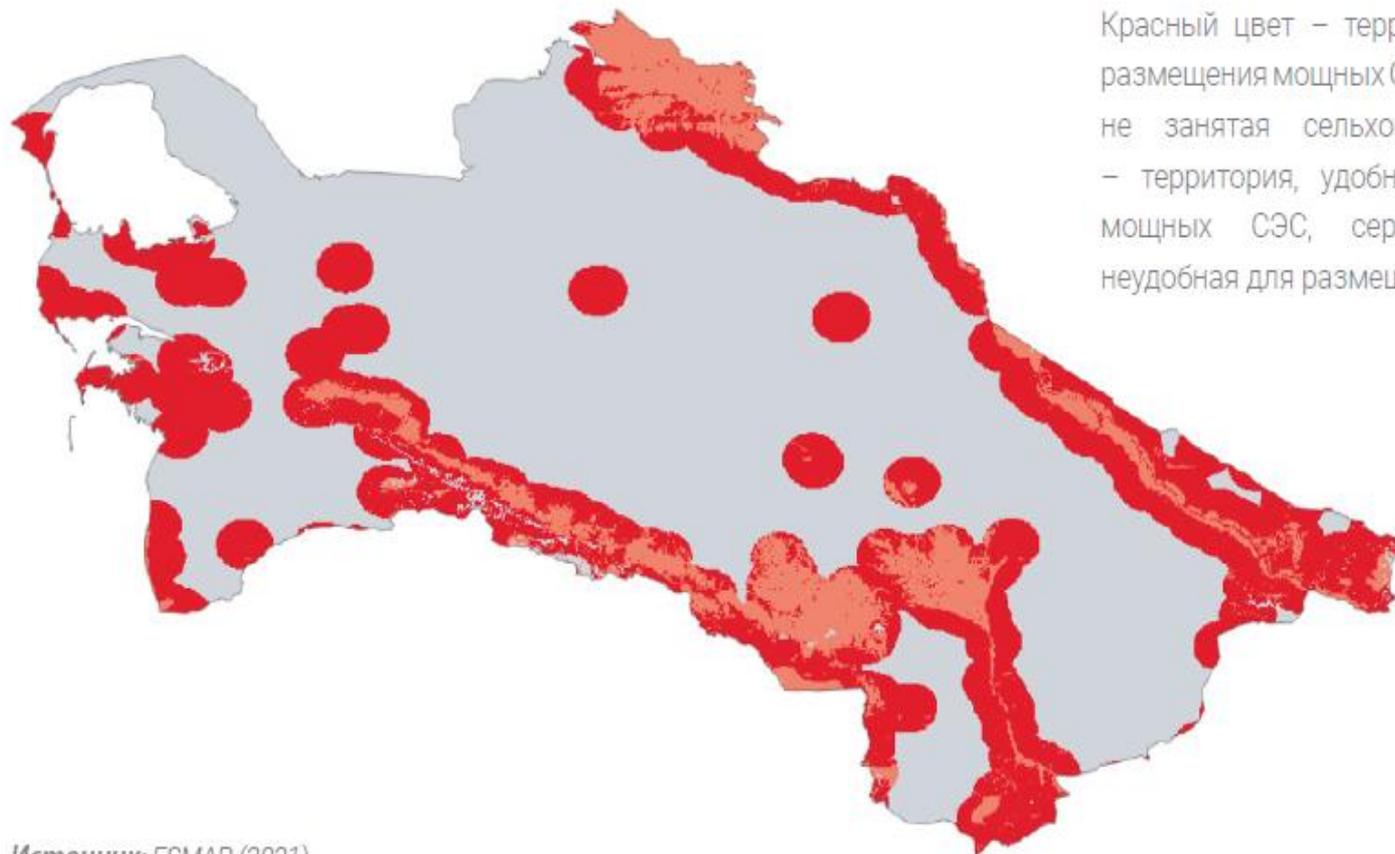
Низкоуглеродное производство водорода в странах СНГ и его роль в развитии водородной экосистемы и экспортного потенциала

СЕРИЯ ПУБЛИКАЦИЙ ЕЭК ООН ПО ЭНЕРГЕТИКЕ No. 77



UNITED NATIONS
GENEVA, 2023

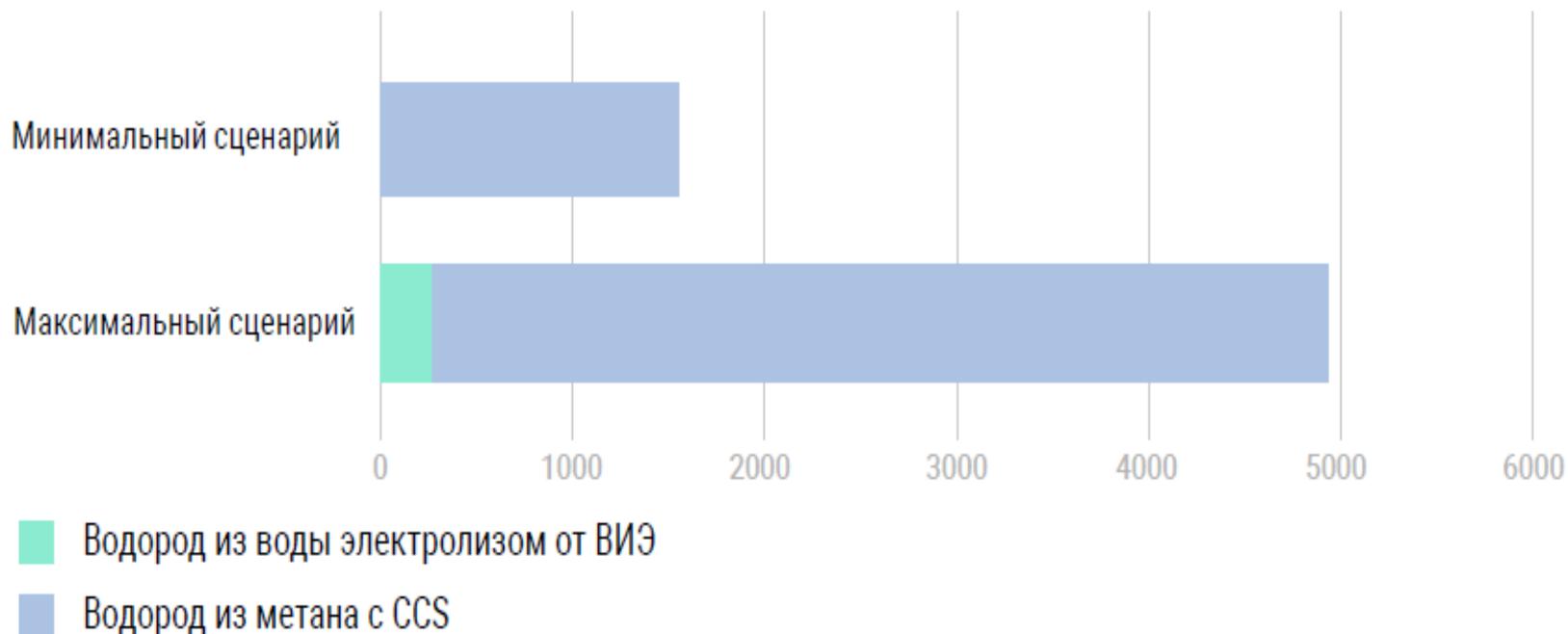
Модель территории Туркменистана с районированием по предназначению для сооружения солнечных электростанций



Красный цвет – территория, удобная для размещения мощных СЭС и предварительно не занятая сельхозугодьями, розовый – территория, удобная для размещения мощных СЭС, серый – территория, неудобная для размещения мощных СЭС.

Источник: ESMAP (2021)

Ресурсный потенциал производства водорода в Туркменистане к 2040 г., тыс. тонн в год



Это определяется наличием значительных доказанных резервов природного газа и набранными темпами роста его добычи. Ключевым ограничителем и условием в этом случае выступает опережающее развитие отрасли CCS – даже в минимальном сценарии необходимо построение объектов CCS общей мощностью 18 млн тонн CO₂ в год.

Ресурсный потенциал производства водорода в Туркменистане к 2040 г.

| | Минимальный сценарий | Максимальный сценарий |
|---|-------------------------|--------------------------|
| Электроэнергия ВИЭ на водород, ГВт·ч в год | 306.6 | 17630 |
| Природный газ на водород, млрд м ³ в год | 9.609 | 28.827 |
| Водород из воды электролизом от ВИЭ | 6 | 321 |
| Водород из метана с CCS | 1813 | 5439 |
| Водород всего, тыс. тонн в год | 1819 | 5760 |
| Требуемая мощность систем CCS, млн тCO ₂ в год | 18 | 54 |

* При текущем уровне неопределенности нет возможности рассчитать эти параметры, но есть возможность оценить ресурсный потенциал, приняв их на минимальном и максимальном уровне. В настоящем исследовании приняты два сценария:

* 1) Минимальный сценарий

на производство водорода направляется 10% прироста электроэнергии от солнечной и ветряной энергетики за период 2020-2040 гг.;

прирост мощности ВИЭ к 2040 г. – 1 ГВт;

на производство водорода направляется 10% прироста добычи природного газа к 2040 г.

2) Максимальный сценарий

на производство водорода направляется 50% электроэнергии новых объектов солнечной и ветряной энергетики;

в Туркменистане реализуется 25% от технического потенциала развития оффшорной ветроэнергетики на фиксированном фундаменте (от 17,5 ГВт);

коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ВИЭ – 35%;

на производство водорода направляется 30% прироста добычи природного газа к 2040 г.

Во обоих сценариях принято, что для производства водорода из воды методом электролиза потребуется электроэнергия в объеме 55 кВт·ч/кг H₂, для производства водорода риформингом природного газа потребуется 5,3 м³ / кг H₂. Масса выделяющегося в процессе риформинга CO₂, который необходимо направить на хранение, принята на уровне 10 кг CO₂ / 1 кг H₂.

Основные условия развития возобновляемой энергетики

- * Потенциал солнечной энергии в
Туркменистане
- * Нормативно-правовая база

Потенциал солнечной энергии в Туркменистане

Согласно этого кадастра в территории Туркменистана выделяются 5 зон с соответствующими распределением годовых величин суммарной солнечной энергии, т.е.

I-зона с $1870-2000$ кВт·ч/м² год,

II-зона с $1850-1870$ кВт·ч/м² год,

III-зона с $1800-1850$ кВт·ч/м² год,

IV-зона с $1750-1800$ кВт·ч/м² год,

V-зона с $1630-1750$ кВт·ч/м² год.



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.**

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

Цель пилотного проекта:

- * - Проанализировать современное состояние и перспективы развития водородной энергетики;
- * - Рассмотреть возможность реализации пилотного проекта по производству водорода на территории Туркменистана;
- * - Выбрать подходящее место для строительства объекта;
- * - Предусмотреть использование возобновляемых источников для снабжения потребителей объекта электроэнергией;
- * - Изучить существующие методы получения водорода с целью выбора подходящего для использования на территории Туркменистана;
- * - Рассчитать объемы электроэнергии, вырабатываемой выбранным источником и потребляемой элементами системы получения водорода;
- * - Определить стоимость проекта реализации пилотного проекта и срок его окупаемости.

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

* Методы используемые в проекте:

- * - Для достижения поставленных целей использовался метод расчета объема электроэнергии, вырабатываемой источником, а также метод определения стоимости реализации пилотного проекта и окупаемости по данным из открытых источников;
- * - В работе выполнено моделирование объекта состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки;
- * - Были анализированы электролизеры различных типов.

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

- * **Преимущества водородной энергетики:**
- * - Будет способствовать решению целого ряда энергетических проблем, главная из которых – декорбинизация целого ряда секторов: транспорт, химическая промышленность, черная металлургия. Кроме того, повысит гибкость энергетической системы;
- * - водород может быть произведен несколькими способами, с использованием целого ряда источников энергии;
- * - будет решать задачи аккумулирования энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками, что повысит эффективность их работы.

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

- * **Туркменистан обладает большим потенциалом развития водородной энергетики.**
- * В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Они могут стать источниками энергии для производства «зеленого водорода». Если использовать электролизеры для этой цели совместно с ФСС, то нет необходимости в применении специального оборудования как для преобразования вырабатываемого тока (генераторы, инверторы), так и для синхронизации с общей электросистемой.

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

Сырьем для получения водорода с помощью электролизерной установки помимо электрической энергии является вода. Эффективность и надежность работы электролизера напрямую зависит от степени ее очистки. В технологическом процессе получения водорода возможно использование непресной воды, для чего необходимы использовать опреснительные установки. Это может повысить стоимость производства водорода. В среднем, влияние мероприятий по подготовке воды оцениваются в размере 1 доллар США / м³ или около 0,01 доллар США/кг водорода. Процесс электролиза в идеальном случае для получения 1 кг водорода требует 9 кг воды.

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

- * **Методика расчета:**

- * Для анализа перспективы совместной работы возобновляемых источников и электролизера для производства водорода на территории Туркменистана в качестве источника электрической энергии была выбрана ФСС с мощностью 100МВт в населенном пункте Керки и ФСС с мощностью 100МВт в населенном пункте Кушки. Считалось, что потребителями ФСС являются только электролизер и опреснительная установка. Был выполнен приблизительный расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в год.

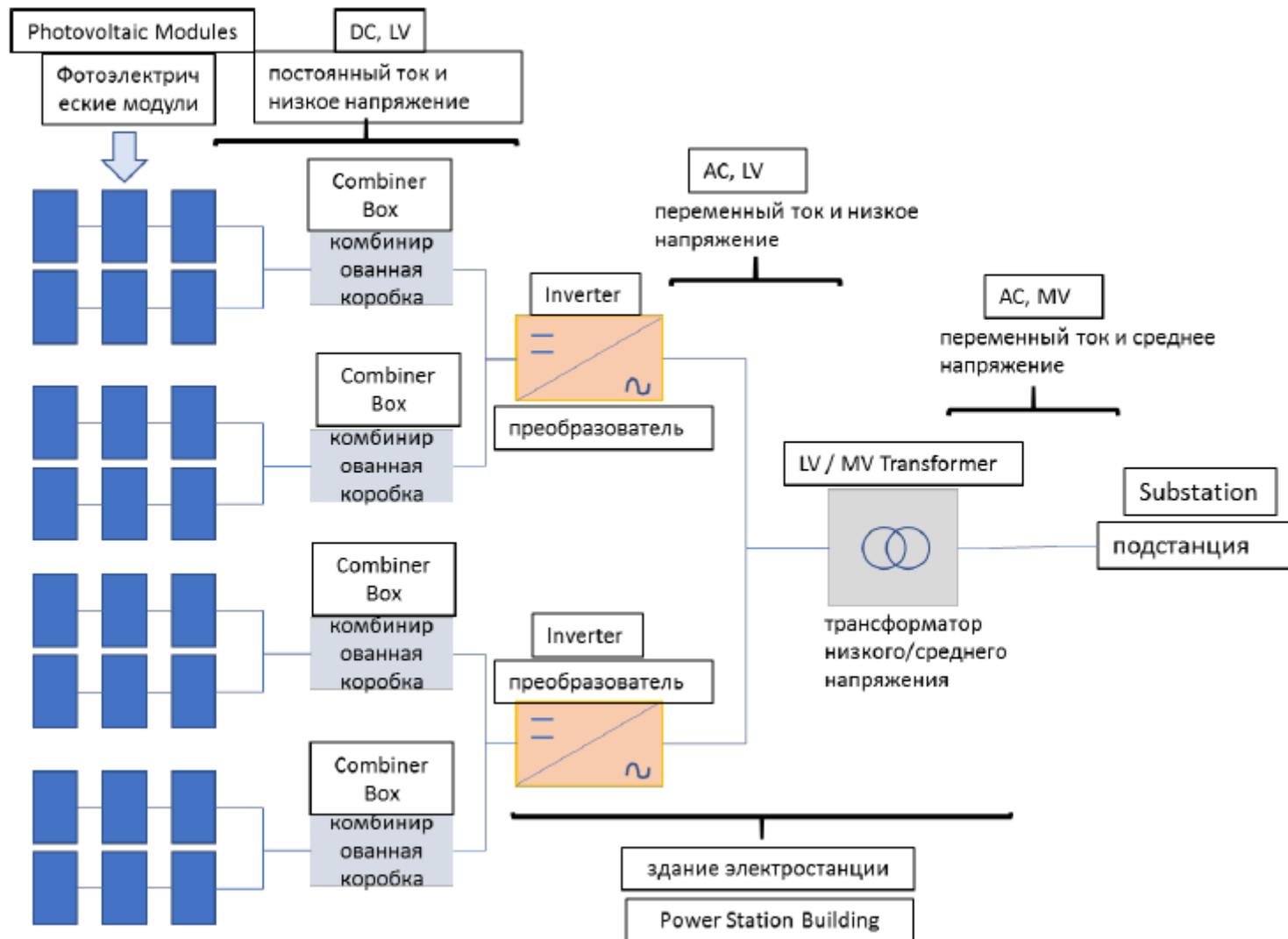
Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

| | | |
|---|---|----------------------|
| 1 | Мощность ФСС, основной базовый блок | 2745x2=5490,0 кВт |
| 2 | Мощность фотоэлектрического модуля | 380 Вт |
| 3 | Количество фотоэлектрических модулей | 7224x2=14448 |
| 4 | Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду | 28 |
| 5 | Количество рядов | 258x2=516 |
| 6 | Площадь фотоэлектрических модулей | 28578 м ² |
| 7 | Количество инверторов | 2 |
| 8 | $P_{отн}$ | - |
| 9 | Номинальная мощность инвертора | 2841 кВА |

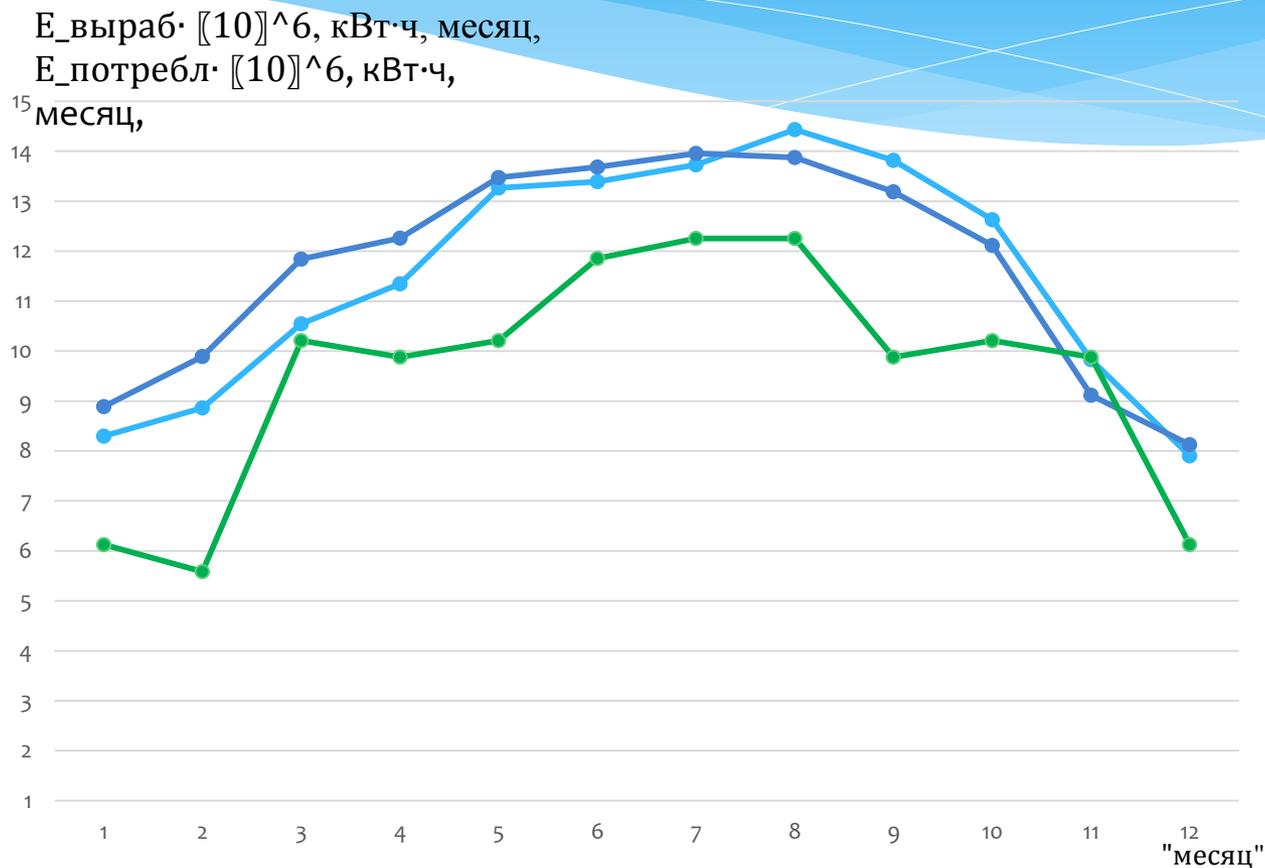
Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| 1 | Мощность ФСС | 100 МВт |
| | Количество основных базовых блоков | 18 |
| | Мощность основного базового блока ФСС | 5490 кВт |
| 2 | Мощность фотоэлектрического модуля | 380 Вт |
| 3 | Количество фотоэлектрических модулей | 260064 |
| 4 | Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду | 28 |
| 5 | Количество рядов | 9288 |
| 6 | Площадь фотоэлектрических модулей | 514406 м ² |
| 7 | Количество инверторов | 36 |
| 8 | Выработка электроэнергии за год | 138,538 · 10 ⁶ кВт·ч |

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана



Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

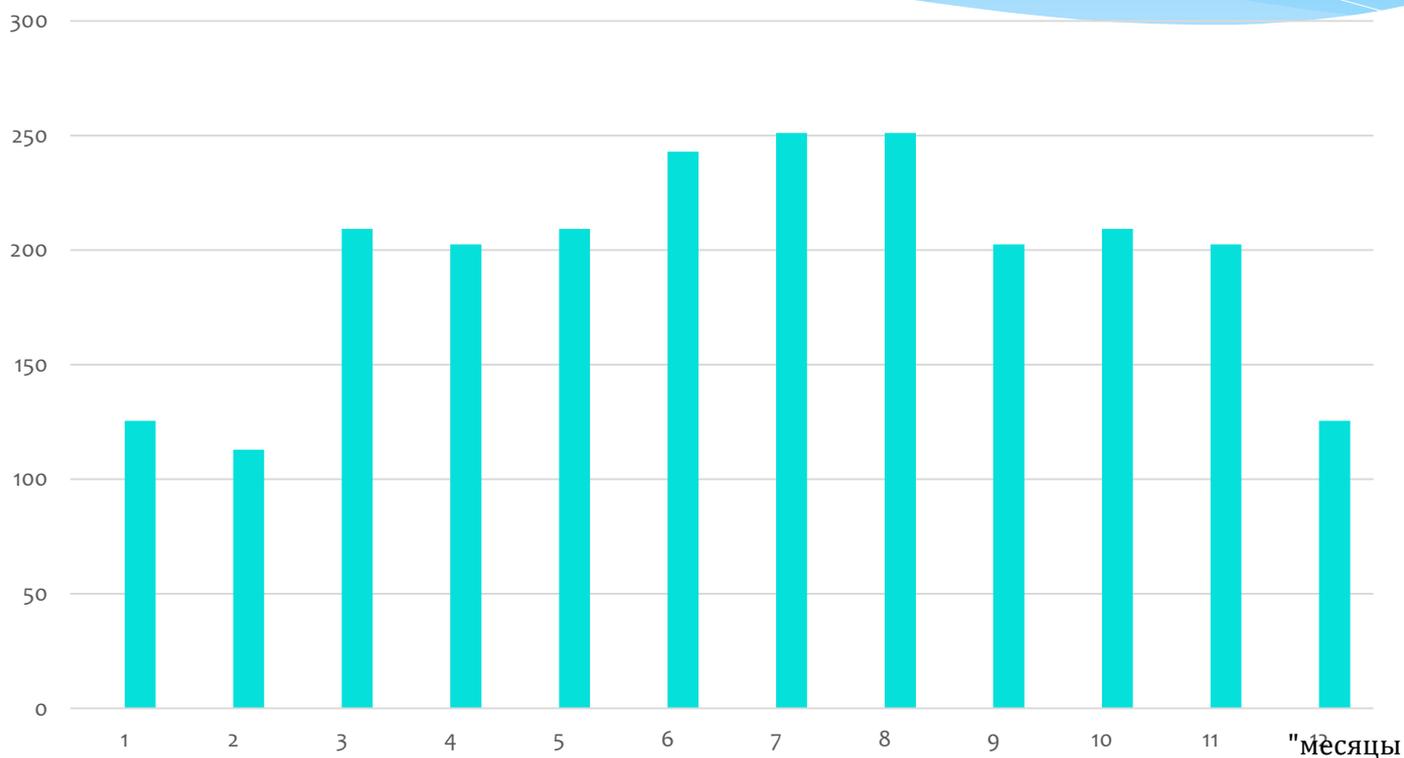


ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ (электролизер с мощностью 1,0 МВт)

| 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) |

Пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана

Производство водорода за месяц, тонна



РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА

| Технические параметры и информация | Значение и единица измерения |
|---|--|
| Населенный пункт, координаты | Атамурат(Керки): с.ш 37,8°; в.д.65,2° Серхетабат(Кушки): с.ш 35,2°; в.д.62,4° |
| Количество суммарной солнечной энергии поступающая на поверхность солнечной панели расположенной на населенном пункте под углом наклона $\beta=36^\circ$ южной ориентации | Атамурат(Керки):1919,328 кВт·ч/м ² год Серхетабат(Кушки):1892,972 кВт·ч/м ² год |
| Выработка электрической энергии ФСС за год | Атамурат(Керки):140,467·10 ⁶ кВт·ч Серхетабат(Кушки):138,538 ·10 ⁶ кВт·ч |
| Производство водорода | 2344,45 т |
| Потребление энергии при производстве водорода | 114,443·10 ⁶ кВт·ч |
| Потребление воды при производстве водорода | 21104,550 т |