

**Ханчаев Б. А., Сарыев В. Б.**

**ПРОИЗВОДСТВО «ЗЕЛЕННОГО» ВОДОРОДА В ТУРКМЕНИСТАНЕ:  
ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ**

*Государственный энергетический институт Туркменистана, Ханчаев Б. А. – специалист, Сарыев В. Б. – аспирант*

Современный мир сталкивается с двойным вызовом в области энергетики: необходимостью снижения зависимости от традиционных источников энергии и сокращения воздействия на окружающую среду. В этом контексте ВИЭ и производство

"зеленого" водорода представляют собой перспективные пути для достижения устойчивости в энергетике. Туркменистан, обладая значительным потенциалом ВИЭ, становится объектом внимания в разработке и внедрении инновационных подходов к энергетическому развитию [1].

Методология проекта включает в себя расчет объема производимой электроэнергии, определение стоимости реализации проекта и его окупаемости. В рамках исследования моделировался объект, состоящий из фотоэлектрической солнечной станции мощностью 100 МВт, электролизера мощностью 50 МВт и установок обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки [2].

*Результаты и выводы:* Для оценки перспективы совместной работы источников солнечной энергии и электролизера для производства водорода на территории Туркменистана в качестве источника электрической энергии были выбраны ФСС установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Принято, что потребителями ФСС являются только электролизер и опреснительная установка. В расчетах использовали технические данные электролизера с мощностью 1 МВт. Был выполнен расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в течение года:

На главной странице можно создать новые технические данные, проектов и контролировать список созданных проектов (рисунок 1).

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

где  $E$  – выработка ФСС в год;  $E_{udel,\beta}$  – удельная выработка ФСС с учетом наклона  $\beta$  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. Потери  $\eta_p$  на ФСС составляет до 25 %, а КПД  $\eta_{inv}$  преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98,8 %, принятый КПД  $\eta_m$  солнечного модуля 19,2 %.

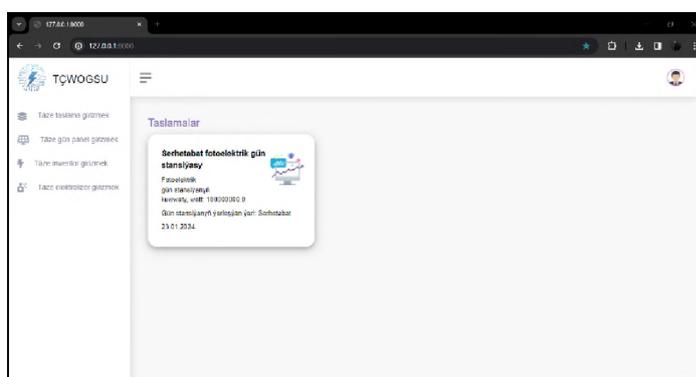


Рисунок 1 – Главная: Список созданных проектов

Количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной на населенном пункте под углом наклона  $\beta = 36^\circ$  южной ориентации: Серхетабат (Кушки), Марыйский велаят: 1892, 972 кВт·ч/м<sup>2</sup> год.

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 50 МВт [3].

Используя данные, приведенные в рисунке 4, была рассчитана масса водорода, получаемая выбранным электролизером соответствующей мощностью:

$$m = \sum_{i=1}^{12} m_i = \sum_{i=1}^{12} \eta_{el} \cdot t_i \cdot N_i, \quad (2)$$

где  $m$  – масса полученного водорода в течении года;  $m_i$  – масса водорода, получаемая электролизером в  $i$ -том месяце;  $\eta_{el}$  – эффективность работы электролизера;  $t_i$  – количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день;  $N_i$  – количество дней в месяц.

Определены баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (таблица 1).

Таблица 1. Основные результаты проекта

Серхетабат (Кушки) Географические координаты: с. ш 35,20 <sup>0</sup> , в. д 62,40 <sup>0</sup>								
месяцы	дни	количество часов	H <sub>2</sub> , объем, кг, в день	H <sub>2</sub> , объем, кг, в месяц	Потребляемая энергия электролизера, кВт·ч (1 МВт)	H <sub>2</sub> , объем, кг, в месяц (50 МВт)	Потребляемая энергия электролизера, кВт·ч (50 МВт)	E <sub>i,месяц</sub> , кВт·ч·10 <sup>6</sup>
1	31	3	81	2511	122537	125550	6,127	8,422
2	28	3	81	2268	110678	113400	5,534	8,989
3	31	5	135	4185	204228	209250	10,211	10,697
4	30	5	135	4050	197640	202500	9,882	12,019
5	31	5	135	4185	204228	209250	10,211	13,456
6	30	6	162	4860	237168	243000	11,858	13,586
7	31	6	162	5022	245074	251100	12,254	13,929
8	31	6	162	5022	245074	251100	12,254	14,642
9	30	5	135	4050	197640	202500	9,882	14,023
10	31	5	135	4185	204228	209250	10,211	12,810
11	30	5	135	4050	197640	202500	9,882	9,973
12	31	3	81	2511	122537	125550	6,127	8,006
год				46899	2288672	2344950	114,433	140,552

В данном проекте рассматривается строительство фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт в Марыйском и Лебапском веляятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки, основные полученные результаты приведены в таблице 1. Реализация данного проекта позволяет производить в течении года 2344,95 т «зеленого» водорода.

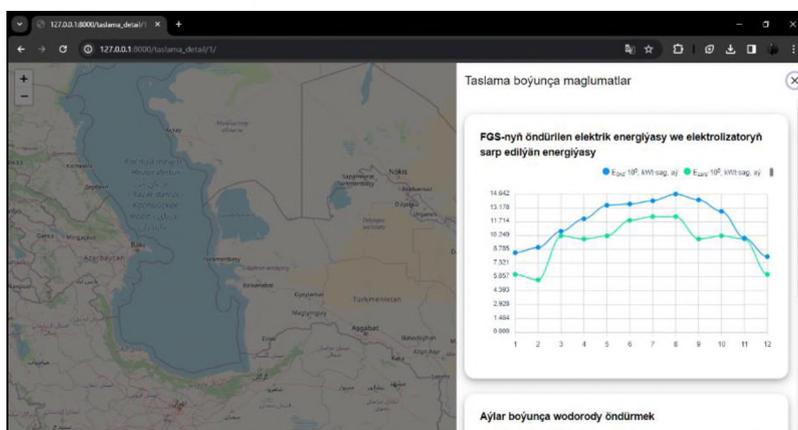


Рисунок 2 – Карта: Вырабатываемая электрическая энергия ФСС и потребляемая энергия электролизера (синий. выруб. энерг. ФСС, зеленый. потребл. энерг. электролизера)

В созданном проекте интегрировано с геоинформационными системами для визуализации данных на картах. Реализовали алгоритмы для расчета эффективности и оптимизации параметров (рисунки 2, 3, 4, 5).

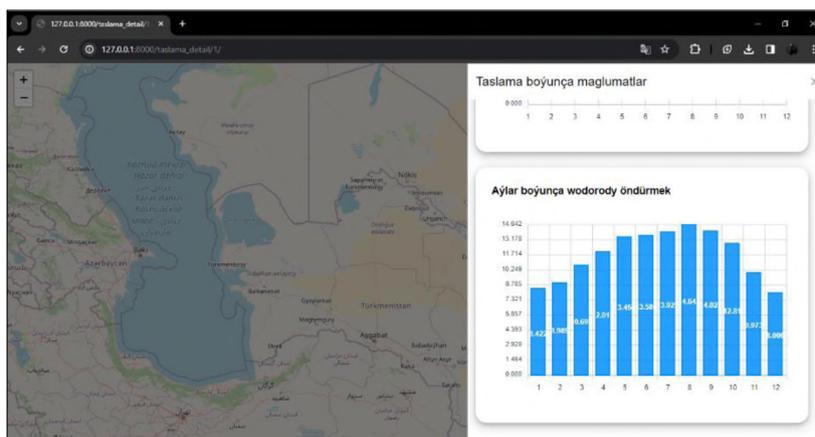


Рисунок 3 – Карта: Производство водорода в течении месяца

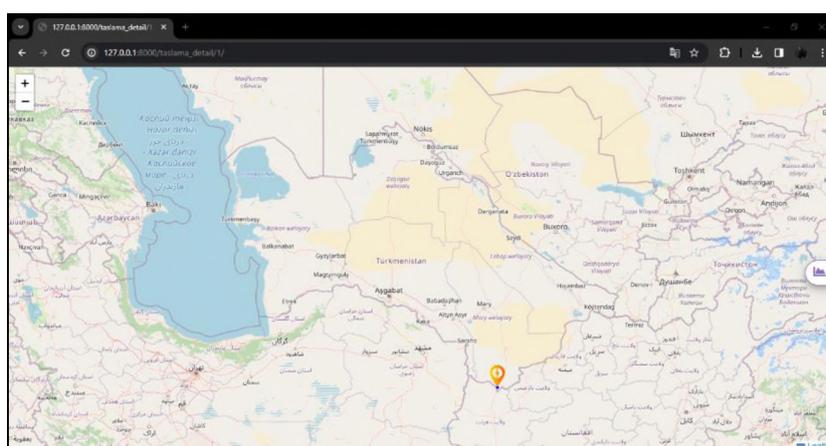


Рисунок 4 – Карта: Подробная информация о созданном проекте

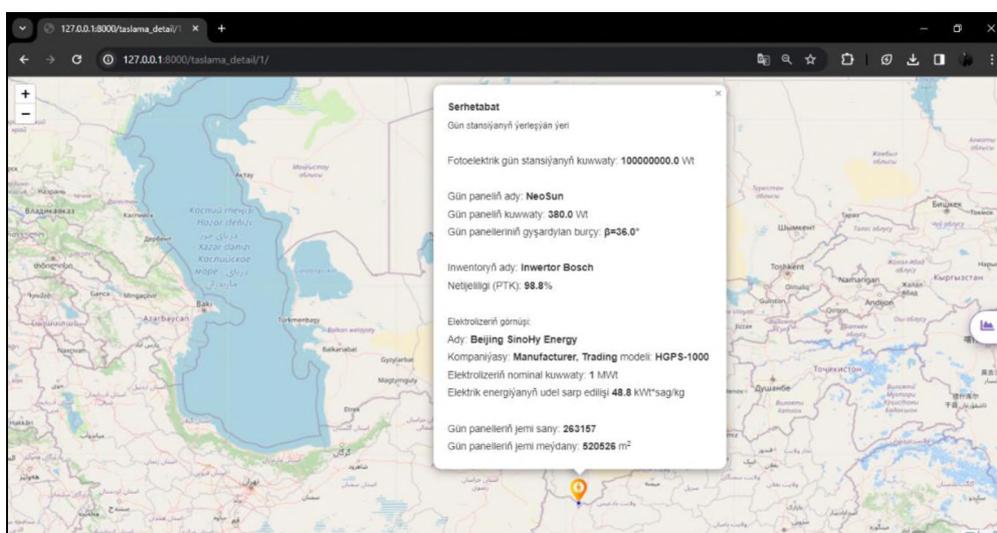


Рисунок 5 – Карта: Отображение данных о производстве энергии, потреблении, эффективности ВИЭ и других параметрах

Внедрение программного обеспечения, представленного в исследовании, способно значительно повысить прозрачность и оперативность в управлении энергетическими ресурсами. Путем анализа данных и разработки оптимальных

стратегий использования ВИЭ, создаются условия для сокращения зависимости от традиционных источников энергии, снижения выбросов углерода и улучшения экологического следа.

Важным аспектом в проекте устойчивости является не только технологическое решение, но и роль исследования в формировании стратегий устойчивого энергетического будущего. Программное обеспечение, предоставленное в рамках данного исследования, несомненно, служит инструментом для принятия информированных решений, способствуя устойчивому развитию энергетического комплекса и создавая благоприятные условия для перехода к "зеленой" энергетике в регионе.

#### **Вывод**

Представленное исследование не только предлагает технологическое решение в виде комплексного программного обеспечения, но также является важным вкладом в стратегическое формирование устойчивого энергетического будущего для региона. Акцентирование на анализе энергетических систем, оптимизации использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и эффективности производства "зеленого" водорода открывает перспективы для устойчивого энергетического развития.

#### *Список использованных источников*

1. Экономический и социальный совет. ООН. ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.
2. "Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY". Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.
3. Пути развития водородной энергетики в Туркменистане. А. Я. Джумаев. // Сборник научных трудов «Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем» Гомель. Республика Беларусь. 2023. С. 105-108.