

Модель зеленой экономики Кыргызской Республики

Использование МЗЭ для валидации мер, направленных на развитие зеленой экономики

Сравнение вариантов генерации электрической энергии

- В первую очередь рассматриваются сценарии производства электроэнергии для полного обеспечения спроса с использованием только одного из источников генерации для проведения анализа затрат и выгод каждой из технологий.
- Затем в модели рассматривается влияние различных сценариев развития энергетики, выраженных в различных процентах генерации электроэнергии с использованием разных видов электростанций. Состав энергосистемы определяет стоимость единицы вырабатываемой электроэнергии.
- Стоимость генерации влияет на размер субсидий, необходимых, чтобы средний тариф на электроэнергию не превышал целевого значения, которое для примера предполагается равным 3 сома за кВтч. При снижении стоимости генерации электроэнергии снижается необходимость субсидий, и сэкономленные на субсидиях средства инвестируются в экономику страны, что приводит к росту ВВП и занятости.
- Для расчета приведенной стоимости для каждого вида генерации электроэнергии учитывались следующие элементы:
 - Капитальные затраты;
 - Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание;
 - Затраты на топливо (только для угольной и газовой электростанции);
- Результат также включает элементы, учитываемые с точки зрения социального воздействия:
 - Загрязнение окружающей среды;
 - Занятость в строительстве и эксплуатации и техническом обслуживании;
 - Косвенная занятость.

Сравнение вариантов генерации электрической энергии

Рассматриваются следующие варианты выработки электроэнергии:

1. строительство угольной станции для выработки электроэнергии;
2. строительство гидроэлектростанции;
3. строительство атомной электростанции;
4. строительство ветрогенераторов;
5. строительство солнечных электростанций;
6. строительство газовых электростанций;
7. строительство биогазовых электростанций;
8. строительство геотермальных электростанций.

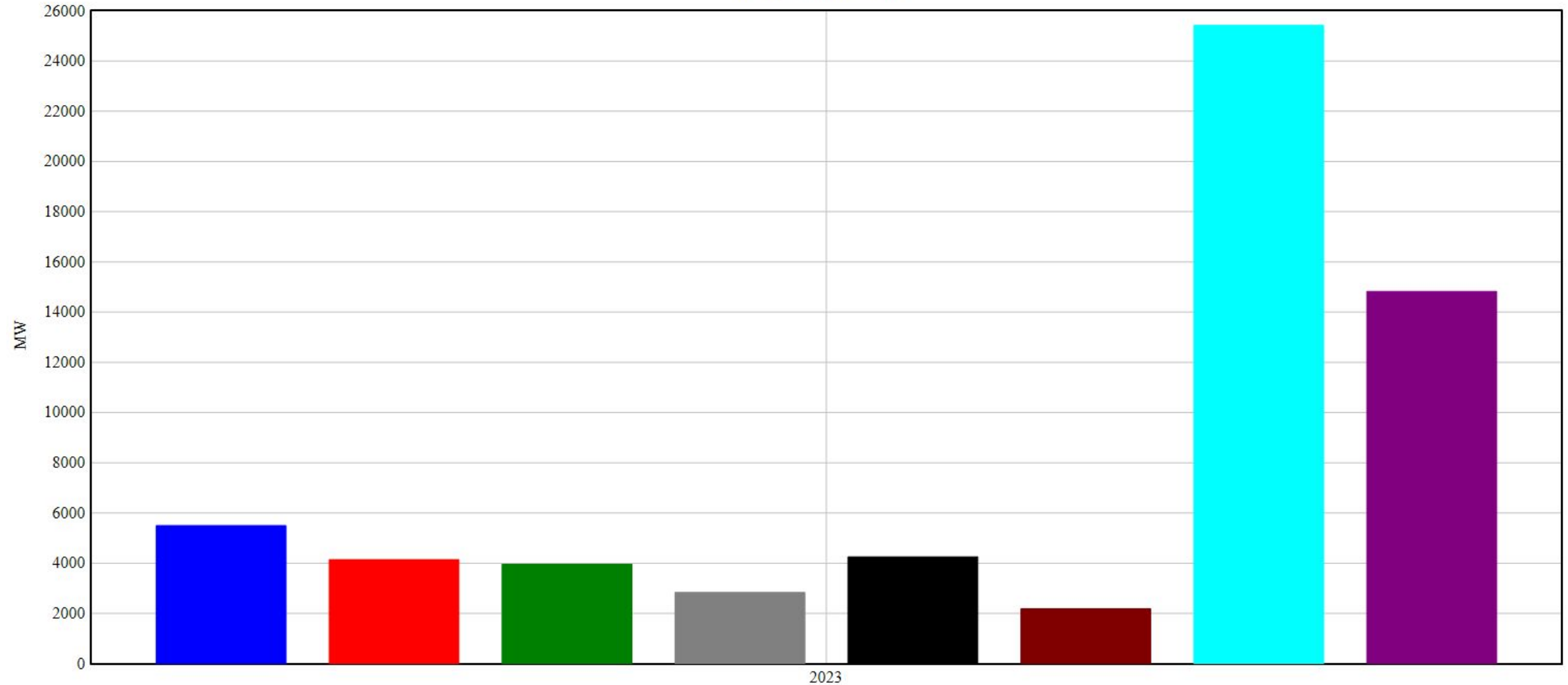
Приведенная стоимость для каждого вида станции (LCOE) используется для количественной оценки строительства и ввода в эксплуатацию станций и оценивает среднюю стоимость 1 МВтч электроэнергии, выработанной в течение срока службы электростанций.

Рассматриваемые сценарии генерации электрической энергии

Сценарий на английском	Сценарий на русском	Расшифровка
Data_v4.vdf	Данные	Данные статистики
BAU EM KK	ОХД ЭС КК	Базовый микс генерации, Каракечинский уголь, к 2030 году (70% гидро, 23% уголь, 3% малые ГЭС, 3% большие солнечные фотоэлектрические станции, 1% - ветровые станции)
BAU EM SHUB	ОХД ЭС Шуб	Базовый микс генерации, Шубыркульский уголь (70% гидро, 23% уголь, 3% малые ГЭС, 3% большие солнечные фотоэлектрические станции, 1% - ветровые станции)
EM GE KK	ЗЭ ЭС КК	Микс генерации Программы развития зеленой экономики, Каракечинский уголь (71% гидро, 2% уголь, 5% малые ГЭС, 10% большие солнечные фотоэлектрические станции, 3% - малые солнечные станции (микрогенерация) 5% - ветровые станции, 3% - геотермальные станции, 1% - биогаз и отходы)
EM GE SHUB	ЗЭ ЭС Шуб	Микс генерации Программы развития зеленой экономики, Шубыркульский уголь (71% гидро, 2% уголь, 5% малые ГЭС, 10% большие солнечные фотоэлектрические станции, 3% - малые солнечные станции (микрогенерация), 5% - ветровые станции, 3% - геотермальные станции, 1% - биогаз и отходы)
EM Import SHUB	Импорт ЭС КК	Микс генерации с акцентом на импортные источники, Каракечинский уголь (70% гидро, 8% уголь, 5% - газовые станции, 5% - атомные станции, 5% малые ГЭС, 5% большие солнечные фотоэлектрические станции, 1% - ветровые станции, 1% - геотермальные станции)
EM Import SHUB	Импорт ЭС Шуб	Микс генерации с акцентом на импортные источники, Шубыркульский уголь (70% гидро, 8% уголь, 5% - газовые станции, 5% - атомные станции, 5% малые ГЭС, 5% большие солнечные фотоэлектрические станции, 1% - ветровые станции, 1% - геотермальные станции)
EM Local KK	Местная ЭС КК	Микс генерации с акцентом на местные источники, Каракечинский уголь (82% гидро, 10% уголь, 5% - малые ГЭС, 3% большие солнечные фотоэлектрические станции)
EM Local SHUB	Местная ЭС Шуб	Микс генерации с акцентом на местные источники, Шубыркульский уголь (82% гидро, 10% уголь, 5% - малые ГЭС, 3% большие солнечные фотоэлектрические станции)

Необходимая установленная мощность на 2023, МВт

Selected Variables at 2023



biogas capacity : BAU 2023 Kara Keche
coal capacity 0 : BAU 2023 Kara Keche

gas capacity 0 : BAU 2023 Kara Keche
geothermal capacity : BAU 2023 Kara Keche

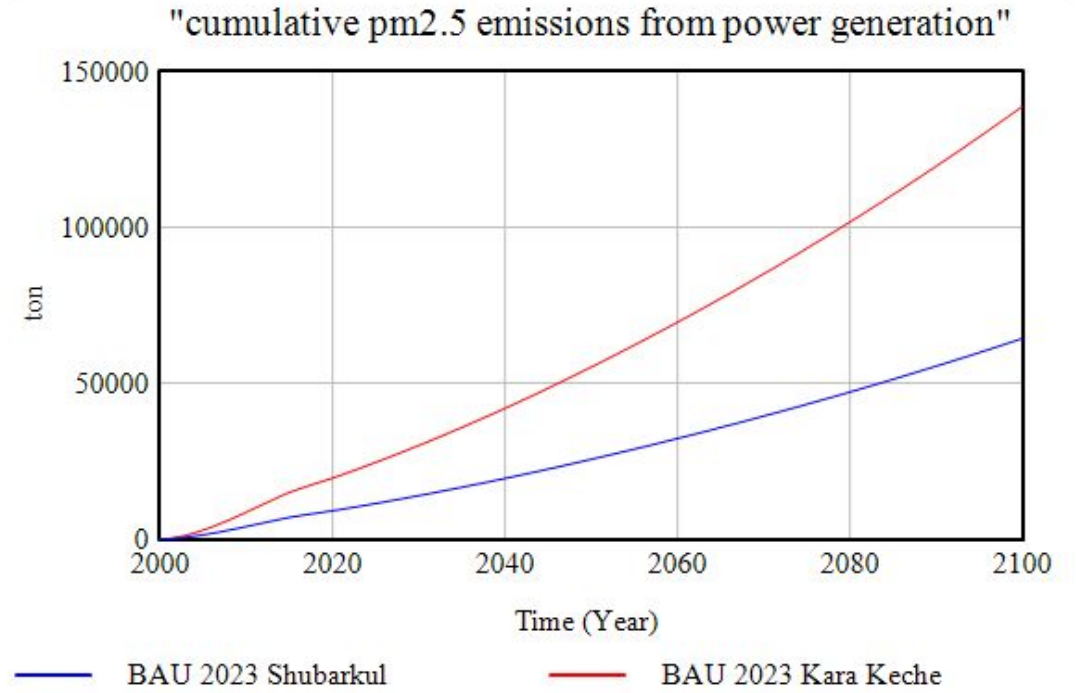
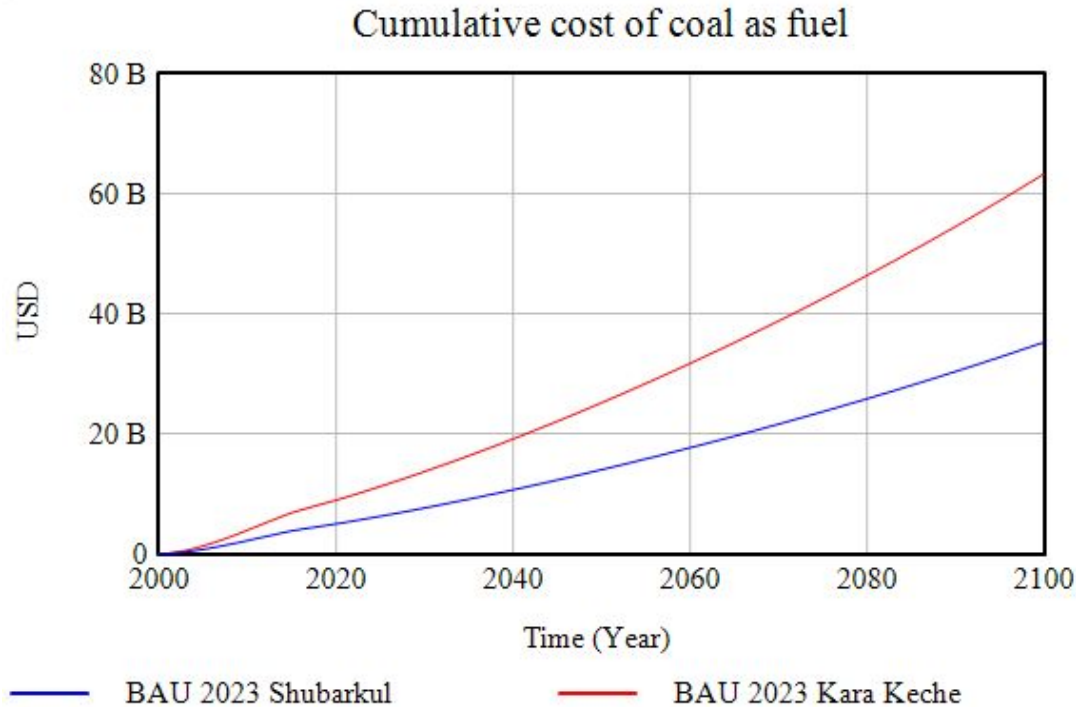
hydro capacity : BAU 2023 Kara Keche
nuclear capacity : BAU 2023 Kara Keche

solar capacity : BAU 2023 Kara Keche
wind capacity : BAU 2023 Kara Keche

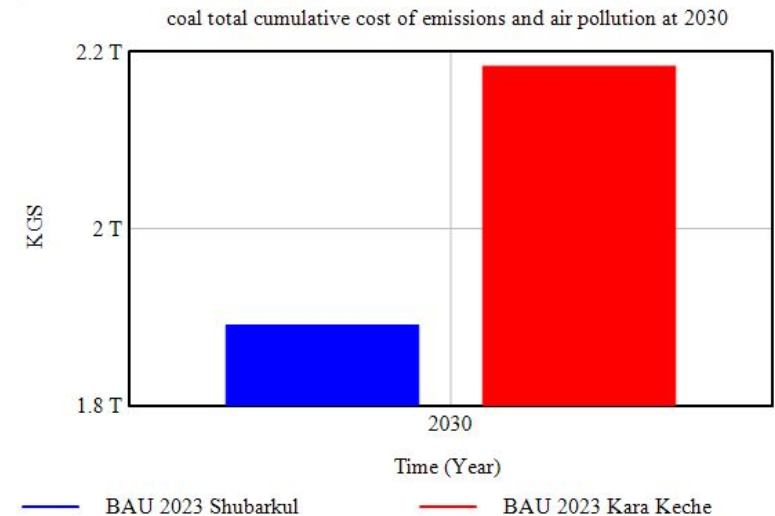
Необходимая установленная мощность на 2023

Вариант станций для генерации электроэнергии для удовлетворения полного спроса на ээ, МВт	2023	2024	2025	2030	2035	2040
Биогаз	5492	5594	5691	6137	6548	6938
Уголь	4138	4204	4267	4562	4844	5117
Газ	3959	4033	4103	4424	4721	5002
Геотермальные	2838	2890	2940	3171	3383	3585
Гидро	4256	4335	4411	4756	5075	5377
Атомная	2182	2226	2268	2459	2632	2795
Солнечная	25417	25823	26213	28023	29757	31432
Ветряная	14827	15063	15291	16347	17358	18335

Кара-Кечинский или Шубыркульский уголь?



Если котлоагрегаты БКЗ-220-100 ТЭЦ перевести на сжигания местных углей (Кара-Кече – калорийность 3800 ккал/кг), то для стабильной работы и несения заданных нагрузок необходимо дополнительно сжигать природный газ либо топочный мазут. На 1 тыс. тонн кара-кечинского угля необходимо 120 тыс. м³ природного газа.
https://henk.energo.kg/content/articles_view/313



LSOE - Приведенная стоимость 1 МВтч без учета выбросов

Приведенная стоимость 1 МВтч, долл. США	2023	2024	2025	2030	2035	2040
Биогазовые станции	111.7	109.1	106.8	97.5	105.4	103.9
Угольные станции, Кара-Кечинский уголь	122.0	118.6	115.4	103.1	94.5	88.3
Угольные станции, Шубаркульский уголь	104.2	101.1	98.2	86.7	78.8	72.9
Газовые станции	51.6	50.7	49.8	46.5	44.1	42.4
Геотермальные станции	78.0	75.8	73.8	65.7	72.5	71.2
Гидроэлектростанции	71.1	68.6	66.3	57.0	50.6	45.9
Атомные станции	90.1	87.0	84.2	72.9	65.1	59.3
Солнечные станции	105.5	102.1	99.0	86.5	102.7	99.1
Ветровые станции	132.5	133.4	133.0	122.6	111.1	102.4
%, Биогаз к Кара-Кечинскому углю	-8.4%	-8.0%	-7.5%	-5.4%	11.5%	17.7%
%, Уголь Кара-Кечинский к Кара-Кечинскому углю	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
%, Уголь Шубаркульский к Кара-Кечинскому углю	-14.6%	-14.8%	-15.0%	-15.9%	-16.7%	-17.4%
%, Газ к Кара-Кечинскому углю	-57.7%	-57.3%	-56.8%	-54.9%	-53.3%	-51.9%
%, Геотермальные к Кара-Кечинскому углю	-36.1%	-36.1%	-36.1%	-36.2%	-23.3%	-19.3%
%, Гидро к Кара-Кечинскому углю	-41.7%	-42.1%	-42.6%	-44.7%	-46.5%	-48.0%
%, Атомная к Кара-Кечинскому углю	-26.1%	-26.6%	-27.1%	-29.3%	-31.2%	-32.8%
%, Солнечная к Кара-Кечинскому углю	-13.5%	-13.9%	-14.3%	-16.0%	8.7%	12.3%
%, Ветряная к Кара-Кечинскому углю	8.6%	12.5%	15.2%	19.0%	17.5%	16.0%

LCOE with externalities - приведенная стоимость с учетом выбросов

Приведенная стоимость 1 МВтч, долл. США	2023	2024	2025	2030	2035	2040
Биогазовые станции	111.7	109.1	106.8	97.5	105.4	103.9
Угольные станции, Кара-Кечинский уголь	192.9	188.9	185.2	170.8	160.9	153.6
Угольные станции, Шубаркульский уголь	165.3	161.7	158.4	145.3	136.4	129.8
Геотермальные станции	78.0	75.8	73.8	65.7	72.5	71.2
Гидроэлектростанции	71.1	68.6	66.3	57.0	50.6	45.9
Атомные станции	90.1	87.0	84.2	72.9	65.1	59.3
Газовые станции	65.8	64.8	63.9	60.2	57.7	55.9
Солнечные станции	105.5	102.1	99.0	86.5	102.7	99.1
Ветровые станции	132.5	133.4	133.0	122.6	111.1	102.4
%, Биогаз к Кара-Кечинскому углю	-42.1%	-42.2%	-42.4%	-42.9%	-34.5%	-32.4%
%, Уголь Кара-Кечинский к Кара-Кечинскому углю	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
%, Уголь Шубаркульский к Кара-Кечинскому углю	-14.3%	-14.4%	-14.5%	-14.9%	-15.2%	-15.5%
%, Геотермальные к Кара-Кечинскому углю	-59.6%	-59.9%	-60.2%	-61.5%	-54.9%	-53.6%
%, Гидро к Кара-Кечинскому углю	-63.1%	-63.7%	-64.2%	-66.6%	-68.5%	-70.1%
%, Атомная к Кара-Кечинскому углю	-53.3%	-53.9%	-54.6%	-57.3%	-59.6%	-61.4%
%, Газ к Кара-Кечинскому углю	-65.9%	-65.7%	-65.5%	-64.7%	-64.1%	-63.6%
%, Солнечная к Кара-Кечинскому углю	-45.3%	-45.9%	-46.6%	-49.3%	-36.1%	-35.5%
%, Ветряная к Кара-Кечинскому углю	-31.3%	-29.4%	-28.2%	-28.2%	-30.9%	-33.4%

Сценарии - LCOE with externalities - приведенная стоимость с учетом выбросов

Приведенная стоимость генерации 1 МВтч с учетом выбросов для сценариев развития энергосектора, долл. США	2023	2024	2025	2030	2035	2040
ОХД ЭС КК	89.85	88.44	87.09	82.08	77.98	73.14
ОХД ЭС Шуб	85.65	84.01	82.49	76.79	72.45	67.66
ЗЭ ЭС КК	89.83	88.39	87.00	81.43	79.39	74.53
ЗЭ ЭС Шуб	85.63	84.05	82.64	77.26	75.28	70.49
Импорт ЭС КК	89.85	87.74	85.14	73.89	66.96	60.65
Импорт ЭС Шуб	85.65	83.48	81.04	70.72	64.40	58.51
Местная ЭС КК	89.53	87.19	84.40	72.52	64.75	58.78
Местная ЭС Шуб	85.40	83.04	80.39	69.31	62.07	56.39
ОХД ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	-4.7%	-5.0%	-5.3%	-6.4%	-7.1%	-7.5%
ЗЭ ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	-0.1%	-0.1%	-0.8%	1.8%	1.9%
ЗЭ ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	-4.7%	-5.0%	-5.1%	-5.9%	-3.5%	-3.6%
Импорт ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	-0.8%	-2.2%	-10.0%	-14.1%	-17.1%
Импорт ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	-4.7%	-5.6%	-7.0%	-13.8%	-17.4%	-20.0%
Местная ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	-0.4%	-1.4%	-3.1%	-11.6%	-17.0%	-19.6%
Местная ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	-5.0%	-6.1%	-7.7%	-15.6%	-20.4%	-22.9%

Сценарии - Сумма снижения субсидий на электроэнергию, МИЛЛИАРДОВ СОМ

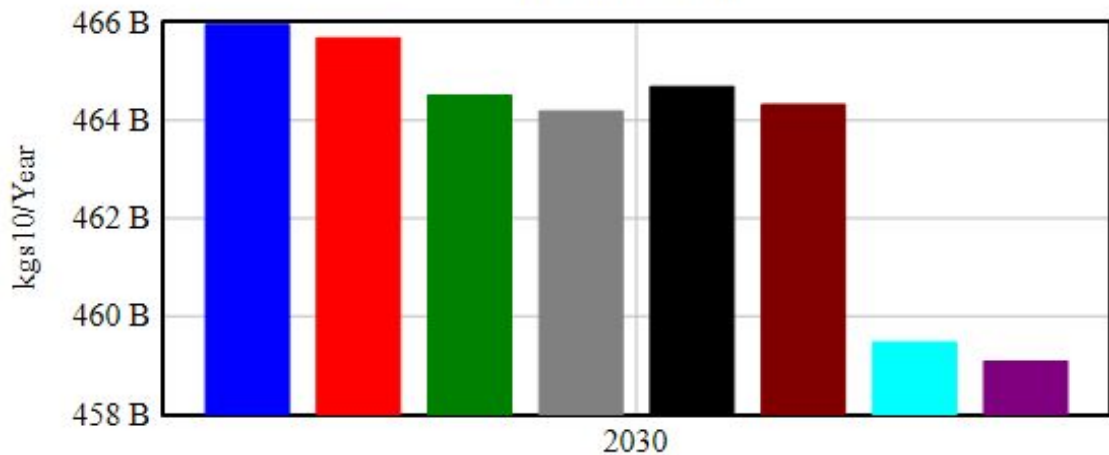
Сумма снижения субсидий на электроэнергию, миллиардов сом	2023	2024	2025	2030	2035	2040
ОХД ЭС КК	80.5181	87.6381	94.3923	146.668	236.164	374.065
ОХД ЭС Шуб	81.079	88.3745	95.2859	148.344	238.621	377.552
ЗЭ ЭС КК	80.5302	87.7358	94.762	148.787	239.256	380.942
ЗЭ ЭС Шуб	81.0909	88.4686	95.6333	150.138	241.073	383.397
Импорт ЭС КК	80.521	87.6752	94.6812	150.595	244.78	388.279
Импорт ЭС Шуб	81.0819	88.4035	95.5236	151.683	245.97	389.644
Местная ЭС КК	80.6641	88.0666	95.3153	152.39	246.004	391.072
Местная ЭС Шуб	81.2226	88.7842	96.1411	153.42	247.207	392.47
ОХД ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.7%	0.8%	0.9%	1.1%	1.0%	0.9%
ЗЭ ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.1%	0.4%	1.4%	1.3%	1.8%
ЗЭ ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.7%	0.9%	1.3%	2.4%	2.1%	2.5%
Импорт ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.3%	2.7%	3.6%	3.8%
Импорт ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.7%	0.9%	1.2%	3.4%	4.2%	4.2%
Местная ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.2%	0.5%	1.0%	3.9%	4.2%	4.5%
Местная ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.9%	1.3%	1.9%	4.6%	4.7%	4.9%

Реальный ВВП, триллионов сом

Реальный ВВП, триллионов сом	2023	2024	2025	2030	2035	2040
ОХД ЭС КК	1.019	1.057	1.090	1.354	1.684	2.075
ОХД ЭС Шуб	1.019	1.057	1.090	1.355	1.686	2.077
ЗЭ ЭС КК	1.019	1.059	1.096	1.370	1.708	2.118
ЗЭ ЭС Шуб	1.019	1.059	1.096	1.371	1.710	2.120
Импорт ЭС КК	1.019	1.057	1.091	1.369	1.712	2.108
Импорт ЭС Шуб	1.019	1.057	1.091	1.370	1.713	2.110
Местная ЭС КК	1.022	1.063	1.098	1.374	1.705	2.109
Местная ЭС Шуб	1.022	1.063	1.099	1.375	1.706	2.110
ОХД ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%
ЗЭ ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.2%	0.6%	1.1%	1.4%	2.1%
ЗЭ ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.2%	0.6%	1.2%	1.5%	2.2%
Импорт ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.1%	1.1%	1.6%	1.6%
Импорт ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	1.7%	1.7%
Местная ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.3%	0.6%	0.8%	1.4%	1.2%	1.7%
Местная ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.3%	0.6%	0.8%	1.5%	1.3%	1.7%

Реальный ВВП, триллионов сом, на 2030 и 2040 год

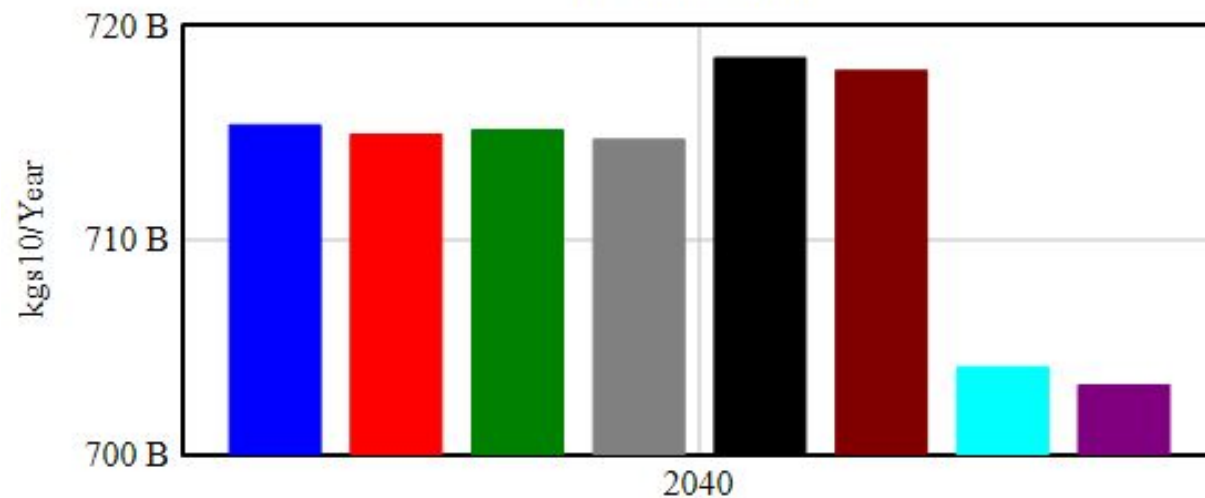
real gdp at 2030



Time (Year)

- Local 2023 Shubyrkul
- Local 2023 Karakeche
- Import 2023 Shubyrkul
- Import 2023 Karakeche
- GE 2023 Shubarkul
- GE 2023 Karakeche
- BAU 2023 Shubarkul
- BAU 2023 Kara Keche

real gdp at 2040



Time (Year)

- Local 2023 Shubyrkul
- Local 2023 Karakeche
- Import 2023 Shubyrkul
- Import 2023 Karakeche
- GE 2023 Shubarkul
- GE 2023 Karakeche
- BAU 2023 Shubarkul
- BAU 2023 Kara Keche

Занятость, миллионов человек

Занятость, миллионов человек	2023	2024	2025	2030	2035	2040
ОХД ЭС КК	2.49	2.59	2.68	3.12	3.60	4.08
ОХД ЭС Шуб	2.49	2.59	2.68	3.13	3.60	4.09
ЗЭ ЭС КК	2.49	2.59	2.68	3.13	3.61	4.09
ЗЭ ЭС Шуб	2.49	2.59	2.68	3.14	3.62	4.09
Импорт ЭС КК	2.49	2.59	2.68	3.13	3.63	4.09
Импорт ЭС Шуб	2.49	2.59	2.68	3.13	3.63	4.09
Местная ЭС КК	2.49	2.59	2.68	3.14	3.64	4.09
Местная ЭС Шуб	2.49	2.59	2.68	3.15	3.64	4.09
ОХД ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%
ЗЭ ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.5%	0.2%
ЗЭ ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.6%	0.2%
Импорт ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.9%	0.2%
Импорт ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	1.0%	0.2%
Местная ЭС КК к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.1%	0.1%	0.7%	1.1%	0.2%
Местная ЭС Шуб к ОХД ЭС КК, в%	0.0%	0.1%	0.1%	0.8%	1.2%	0.2%

Сравнение вариантов генерации электрической энергии

- Согласно результатам моделирования, для КР в первую очередь предпочтительно строительство больших и малых гидроэлектростанций. Это также даст возможность балансировки энергосистемы для добавления рекомендуемых сценариями солнечных станций.
- Из рассмотренных сценариев, наилучшие макроэкономические результаты достигаются при сценарии с генерирующей энергосистемой **Местная ЭС**, состоящей на 82% из больших гидроэлектростанций, 10% угольных станций, 5% - малых ГЭС, 3% больших солнечных фотоэлектрических станций.
- В более долгосрочной перспективе (2035 - 2040) лучшие экономические результаты приносят энергосистемы **ЗЭ ЭС** (71% гидро, 2% уголь, 5% малые ГЭС, 10% большие солнечные фотоэлектрические станции, 3% - малые солнечные станции (микрoгенерация) 5% - ветровые станции, 3% - геотермальные станции, 1% - биогаз и отходы).
- Рекомендуется обратить более пристальное внимание на потенциал **геотермальных** электростанций, так как, по приведённой стоимости электроэнергии, они являются одними из самых выгодных.
- Созданную модель возможно использовать для рассмотрения дополнительных сценариев состава энергосистемы с изменёнными предположениями, для оптимизации разрабатываемых «зеленых» мер государственной политики.