

Энергетическая безопасность

Электроэнергетика

Асет Наурызбаев,
Экс-президент КЕГOC



Энергетическая безопасность


«Энергетическая безопасность – это непрерывное наличие энергетических ресурсов по доступной цене»

<https://www.iea.org/topics/energy-security>

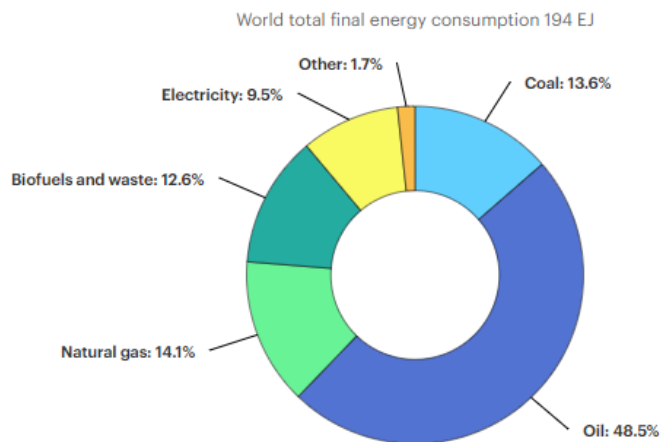
- От чего зависит это наличие?
- Что такое доступные цены?

Конечное мировое потребление энергии, 1973-2019

Share of world total final consumption by source, 1973


Open 

EJ

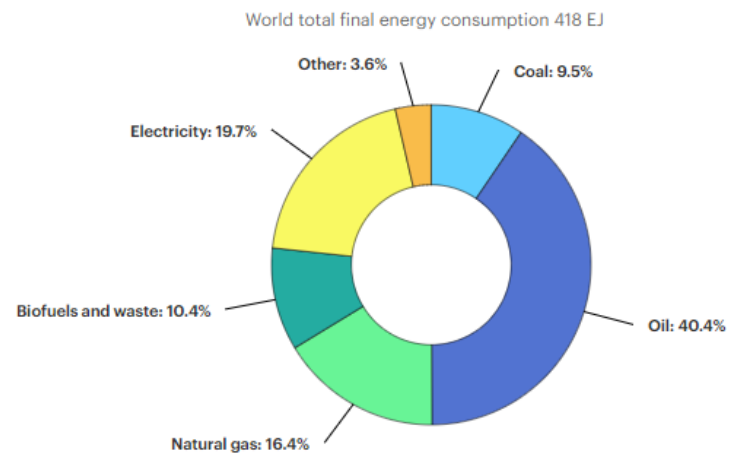


[IEA. Licence: CC BY 4.0](#)

Share of world total final consumption by source, 2019

Open 

EJ

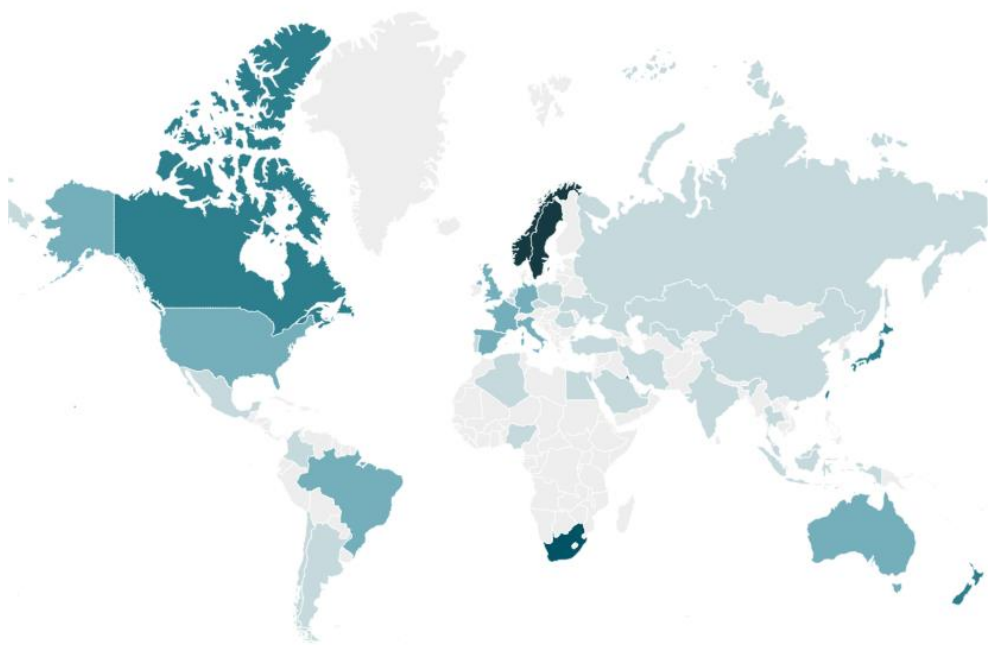


[IEA. Licence: CC BY 4.0](#)

Источник: *iea.org*

Доля электроэнергии

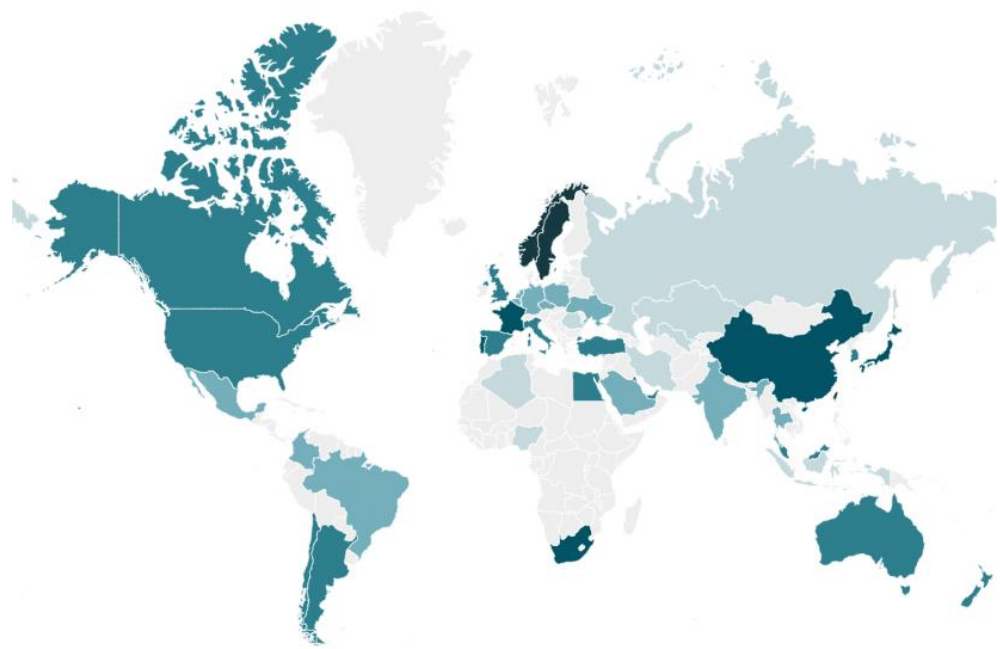
Share of electricity in total final energy consumption - 1990



Legend: Below 15, 15 to 20, 20 to 25, 25 to 30, Above 30
Copyright ©Enerdata www.enerdata.net 2009-2024 - All rights reserved



Share of electricity in total final energy consumption - 2022



Legend: Below 15, 15 to 20, 20 to 25, 25 to 30, Above 30
Copyright ©Enerdata www.enerdata.net 2009-2024 - All rights reserved



Факторы энергетической безопасности (наличие ресурсов)

Долгосрочные	Первичные источники	Добыча Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы Морские порты
	Технологии	Производство Управление
	Доставка до точек потребления	Газопроводы Электросети
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников «Коктейль» поставщиков
	Резервы	Накопления Ожидающие резервы

Долгосрочные факторы - опыт Европейского Союза



Наличие ресурсов

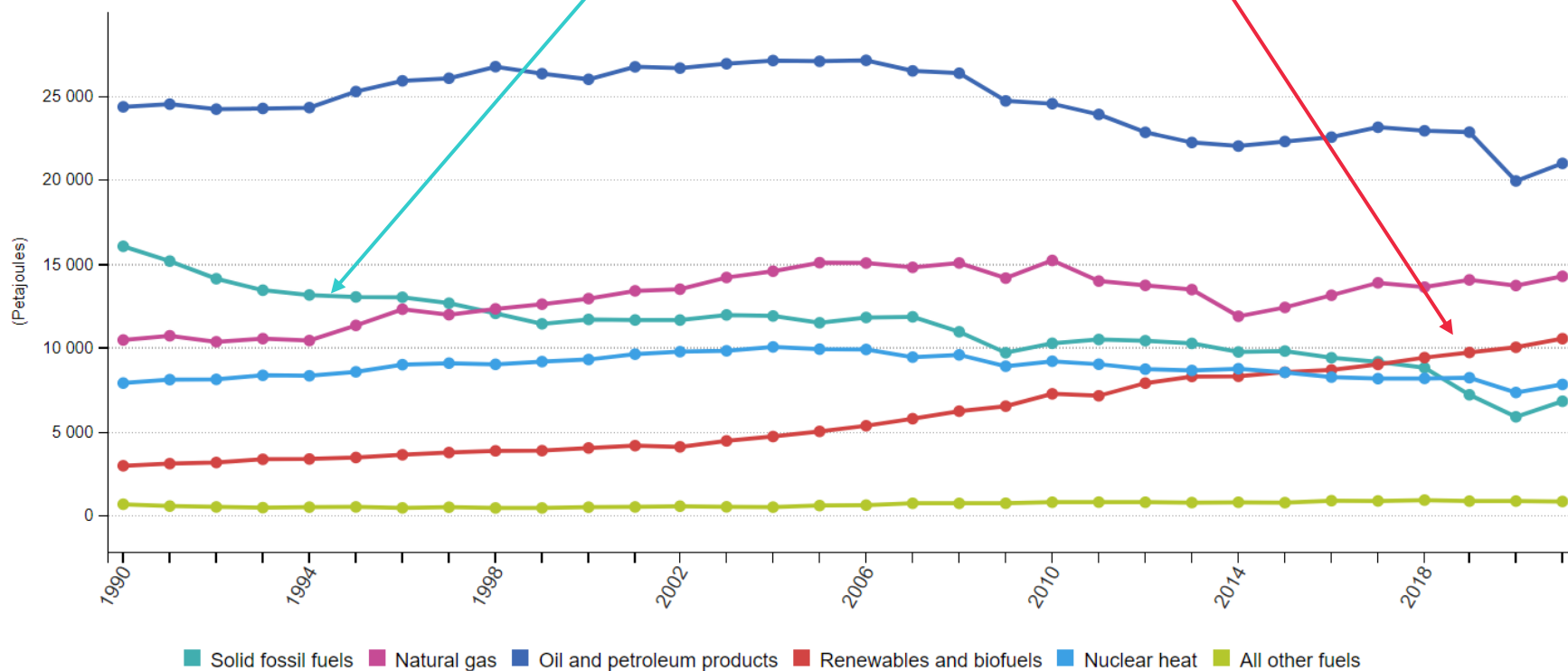
Долгосрочные	Первичные источники	Добыча
		Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы
		Морские порты
Технологии	Производство	
	Управление	
Доставка до точек потребления	Газопроводы	
	Электросети	
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников
		«Коктейль» поставщиков
	Резервы	Накопления
Ожидающие резервы		

Тренды

Падение доли ископаемого твердого топлива

Рост доли возобновляемых ресурсов

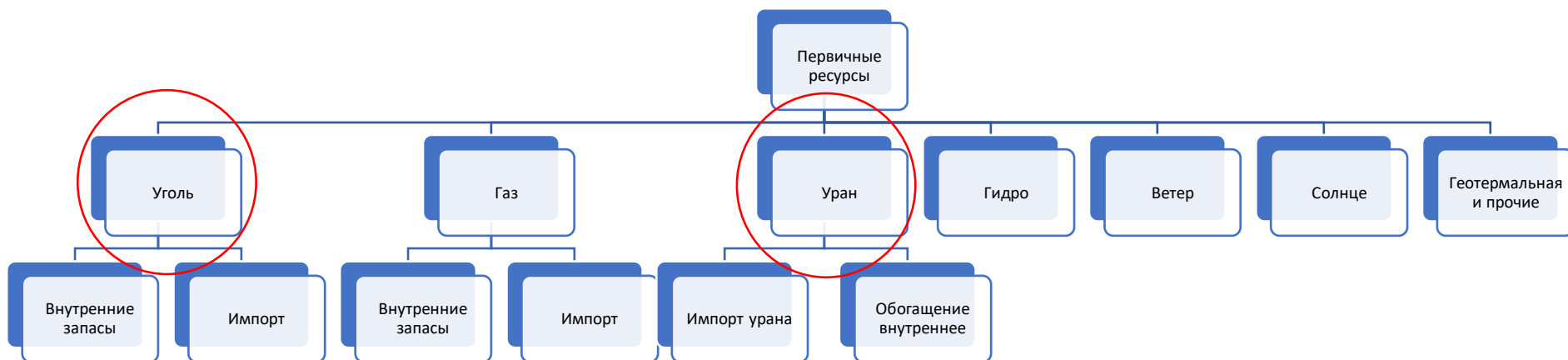
Gross available energy, EU, 1990-2021



Source: Eurostat (online data code: nrg_bal_s)

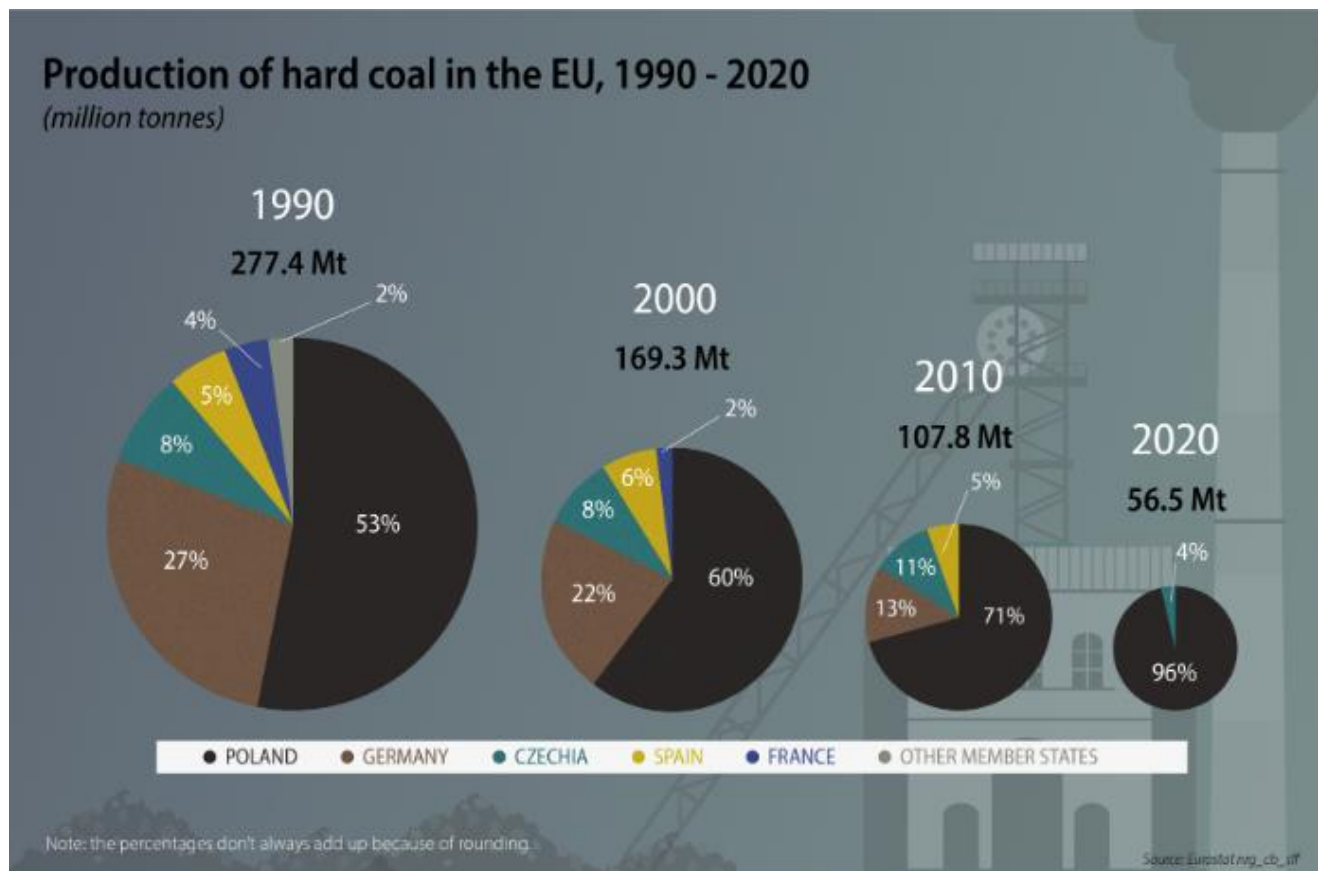
eurostat

Первичные источники



В Европе есть почти все виды первичных энергетических ресурсов.
Что движет изменениями?

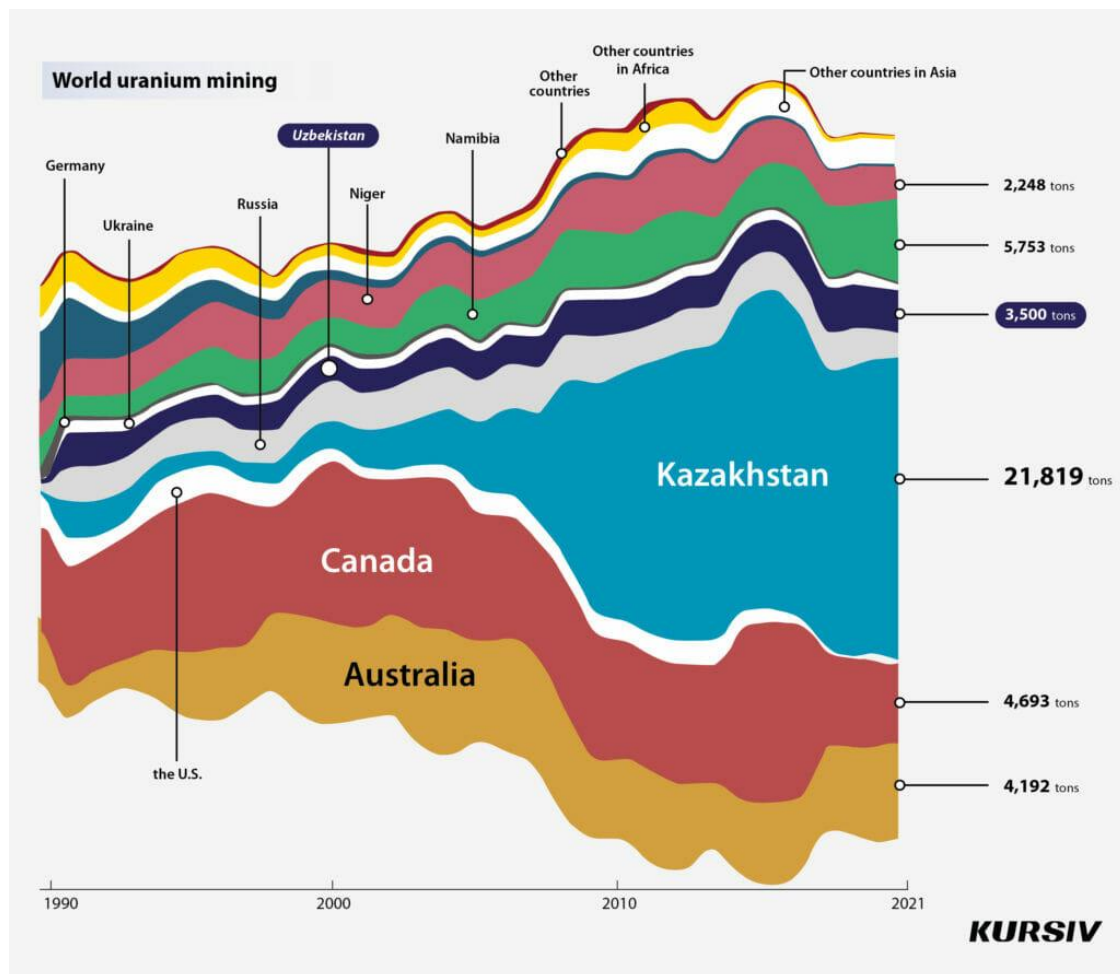
Энергетический переход: уход от угля



Причина: Кислотные дожди



Уран - чувствительность к импорту



World enrichment capacity – operational in 2020 and planned

Operator	Capacity (thousand SWU/yr)		
	2020	2025	2030
CNNC	6300	11,000	17,000
Orano	7500	7500	7500
Rosatom	27,700	26,200	24,800
Urenco	18,600	17,300	16,300
Other	66	375	525
Total	60,166	62,375	66,125

Source: World Nuclear Association *Nuclear Fuel Report 2021* and company websites

ЕС не имеет собственных значительных запасов урана, но обладает большими мощностями по его обогащению

Наличие ресурсов

Долгосрочные	Первичные источники	Добыча
		Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы
		Морские порты
	Технологии	Производство
	Управление	
	Доставка до точек потребления	Газопроводы
		Электросети
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников
		«Коктейль» поставщиков
	Резервы	Накопления
		Ожидающие резервы

Пути доставки: Энергетическая Хартия, 1991



Политическая
декларация
1991 года



Договор (вступил в силу в 1998 г.)

- Защита и поощрение инвестиций в энергетику
- Свобода транзита энергии по трубопроводам, электросетям и с использованием иных средств транспортировки.
- Содействие повышению энергоэффективности и стремление свести к минимуму воздействие производства и использования энергии на окружающую среду.
- Механизм разрешения споров между государствами, а также между государствами и инвесторами.

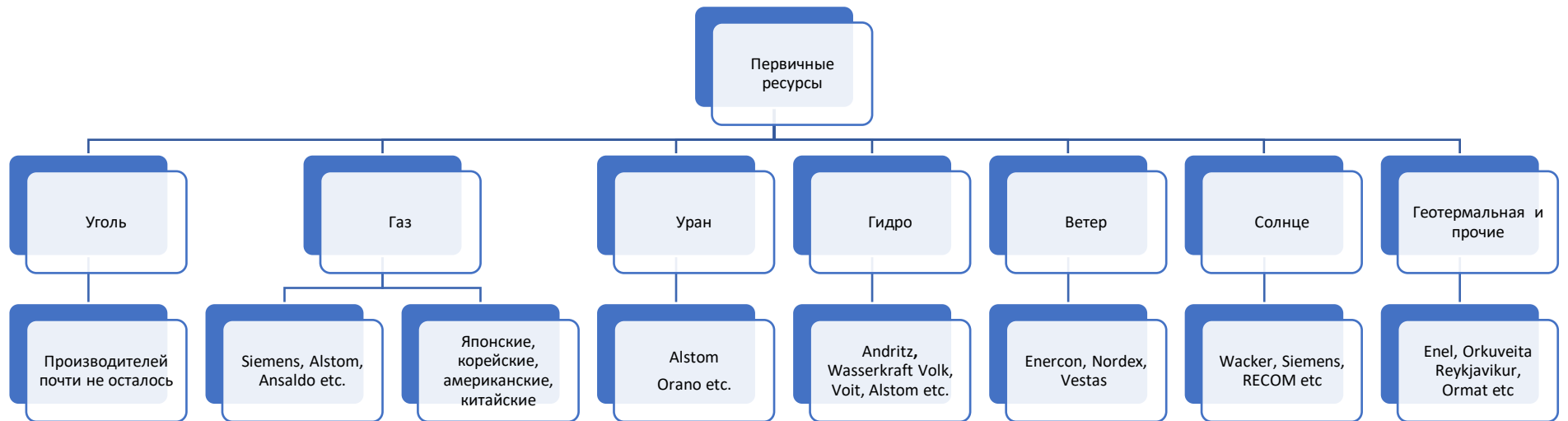
Газовый кризис 2022 года

- Быстрое строительство терминалов и регазификаторов ДТГ
- Перехват управления над хранилищами газа
- Снижение потребления крупными потребителями газа и населением
- Поддержка альтернативных поставщиков
- Временное восстановление угольной генерации

Наличие ресурсов

Долгосрочные	Первичные источники	Добыча
		Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы
		Морские порты
	Технологии	Производство
	Управление	
	Доставка до точек потребления	Газопроводы
		Электросети
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников
		«Коктейль» поставщиков
	Резервы	Накопления
		Ожидающие резервы

Технологии производства



Наличие ресурсов

Долгосрочные	Первичные источники	Добыча
		Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы
		Морские порты
	Технологии	Производство
	Управление	
	Доставка до точек потребления	Газопроводы
		Электросети
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников
		«Коктейль» поставщиков
	Резервы	Накопления
		Ожидающие резервы

3-й энергетический пакет, 2009

Регуляторы

- Агентство кооперации энергетических регуляторов (*European Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER)*)

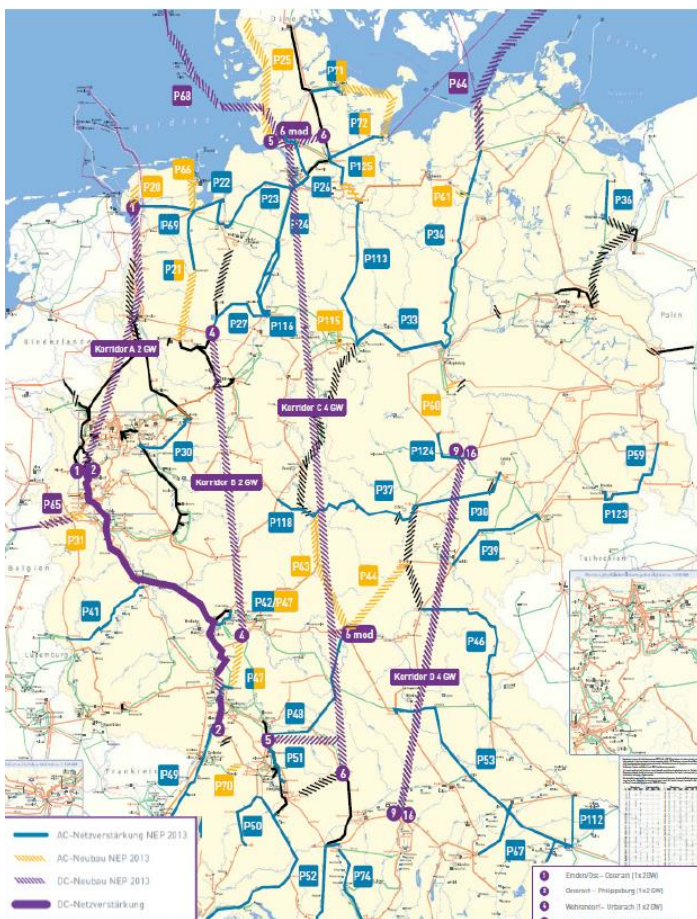
Системные операторы

- European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E)
- European Network of Transmission System Operators for Gas (ENTSOG)

Реформирование вертикально-интегрированных компаний

- Оператор с разделением собственности
- Независимый системный оператор
- Независимый оператор передачи

Развитие сетей



GRID DEVELOPMENT PLAN 2023



Optimisation of existing routes

- New AC lines: 3,400 km
- Reinforcement of AC lines: 1,000 km
- Conversion to DC circuit: 300 km

Grid expansion in new routes

- New routes: 1,700 km
- 4 DC corridors
 - transmission capacity: 12 GW
 - construction of new DC routes: 2,100 km

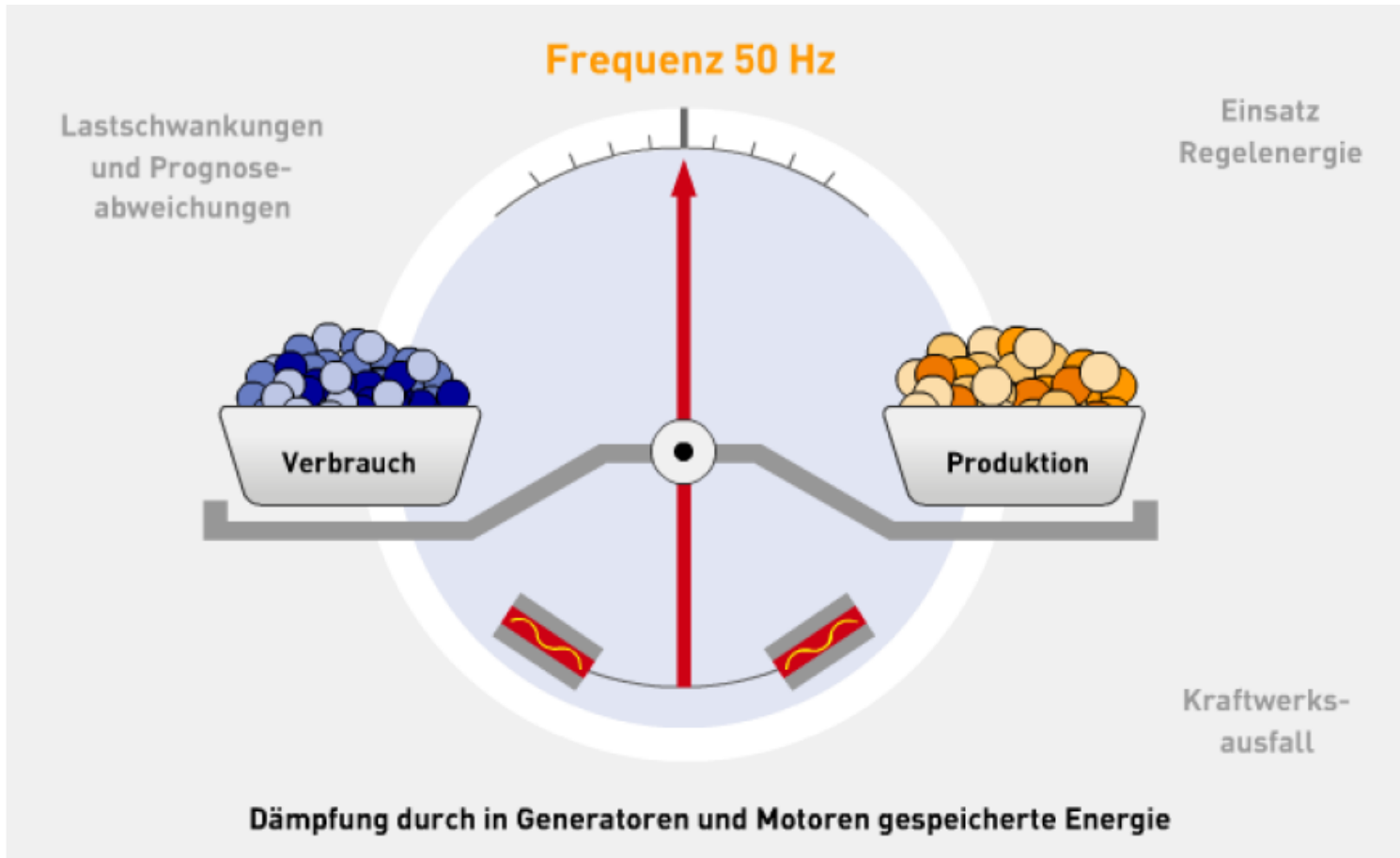
Investment volume:

approx. 21 billion €

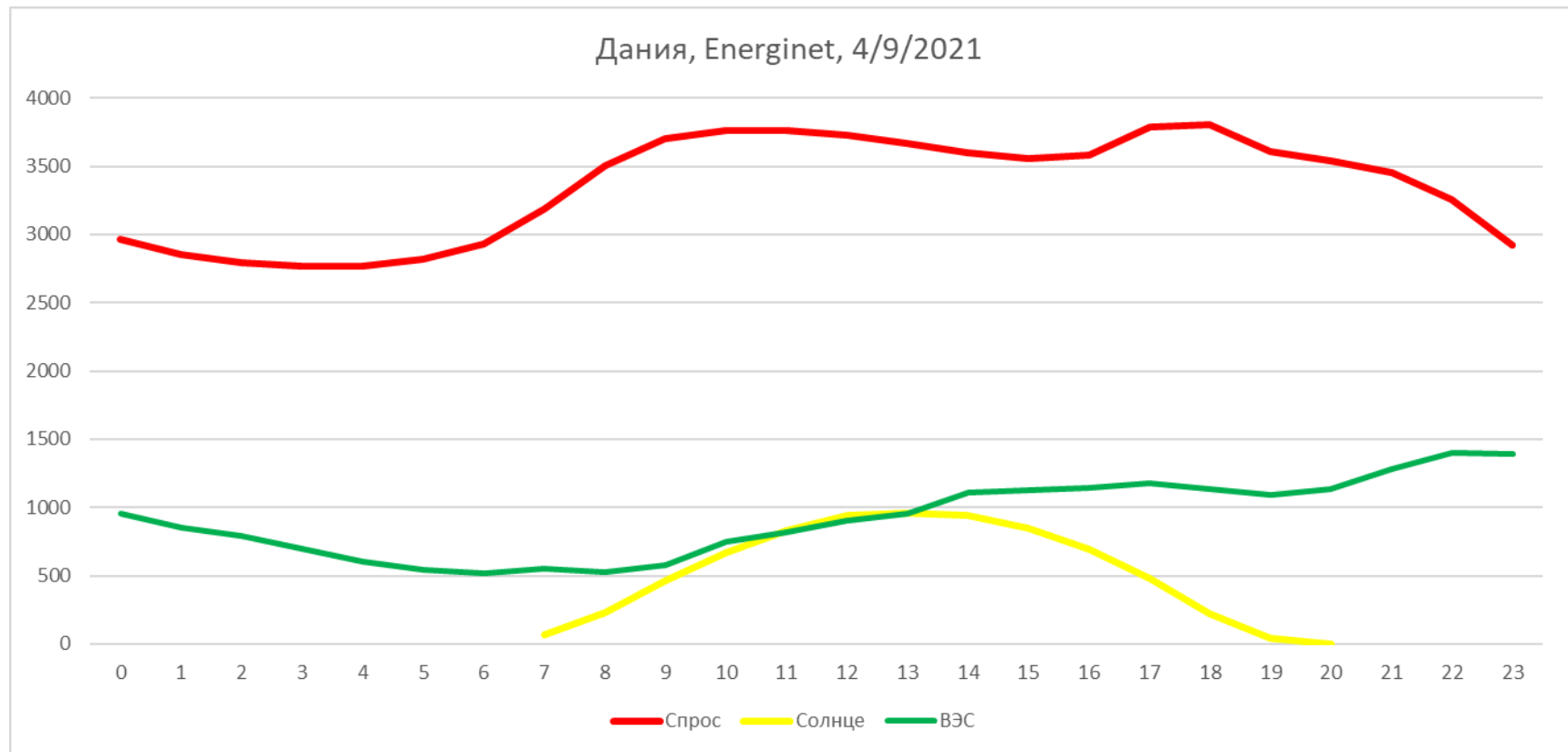
Наличие ресурсов

Долгосрочные	Первичные источники	Добыча Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы Морские порты
	Технологии	Производство Управление
	Доставка до точек потребления	Газопроводы Электросети
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников «Коктейль» поставщиков
	Резервы	Накопления Ожидающие резервы

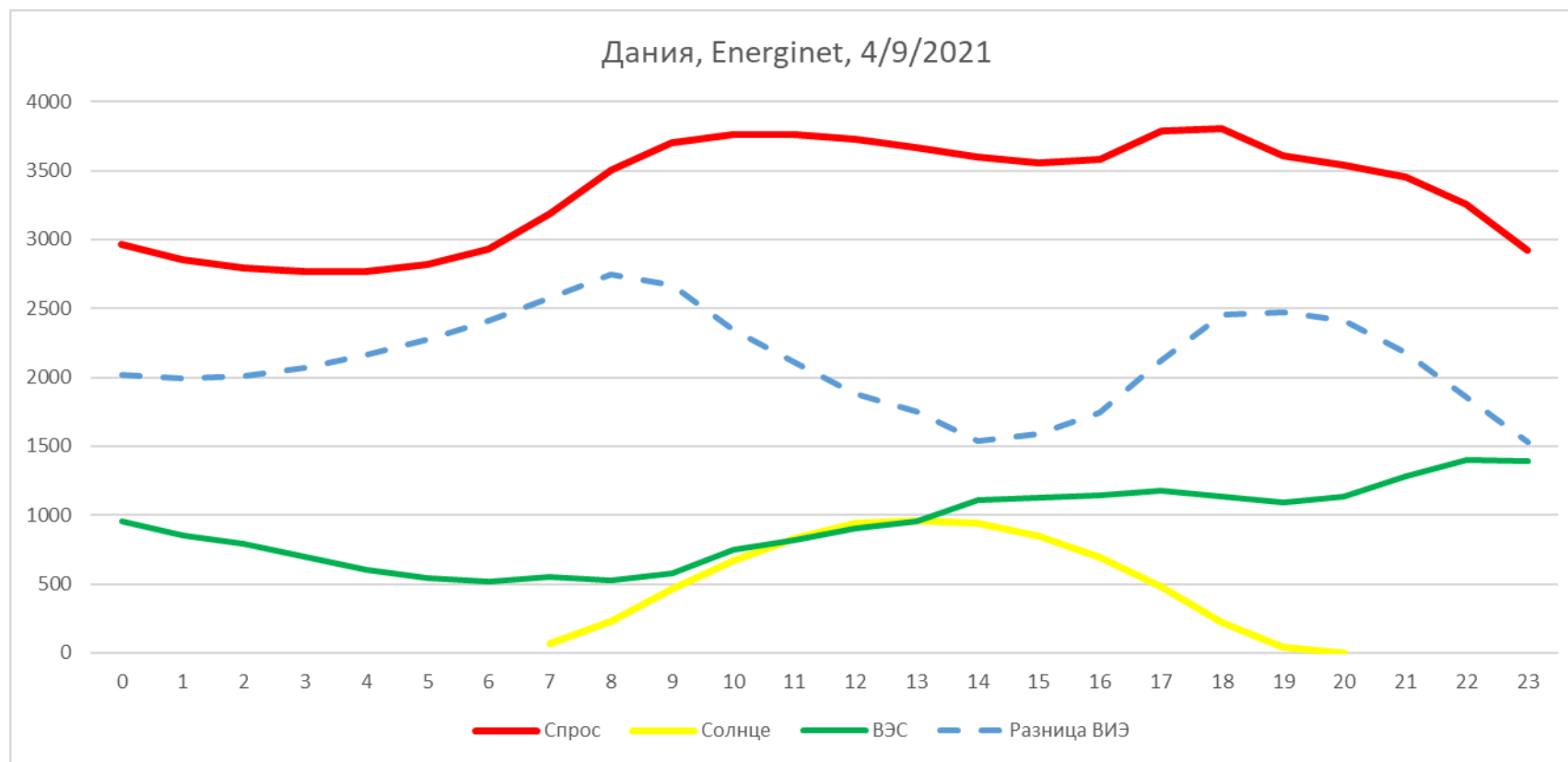
Задача энергосистемы - всегда выравнивать спрос и производство электроэнергии



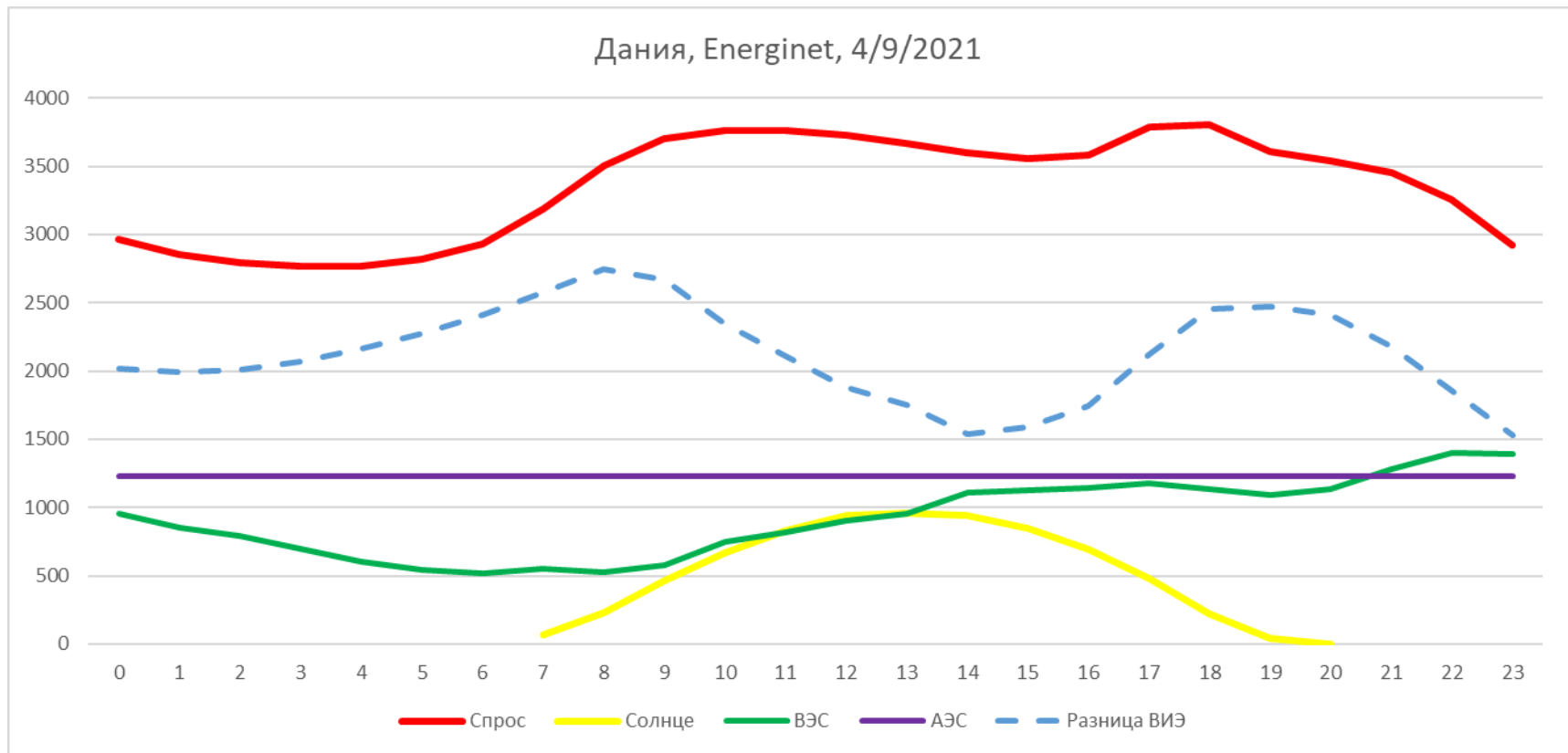
Как работает энергосистема с большой долей ВИЭ (и существует ли «базовая генерация»)?



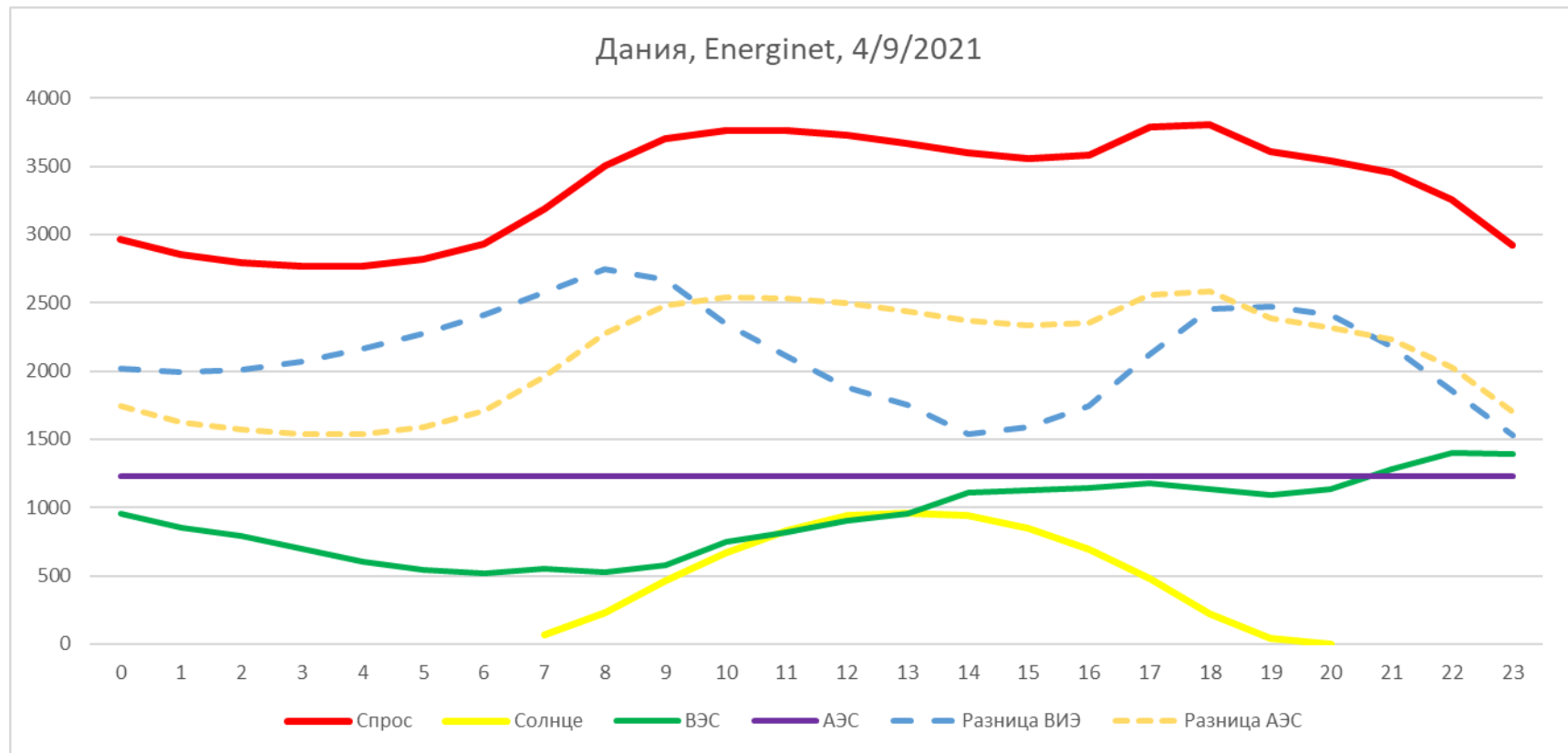
Разница между спросом и генерацией на ВИЭ покрывается маневренной генерацией



Если бы вместо ВИЭ работала АЭС, производящая ровно столько же энергии, сколько ВИЭ ...



... то потребности в регулировании для
обоих случаев были бы примерно
одинаковы



Цены

Диверсификация на каждом этапе производства и распределения энергии, контроль над наличием конкурентной среды

- Энергетическая Хартия
- 3-й энергетический пакет
- Антимонопольное законодательство
- Правила рынка
- Сетевые кодексы

Обеспечение избытка предложения, в том числе через господдержку

- Прямые дотации для ВИЭ
- Развитие сетей и новых рынков для имплементации большого объема возобновляемой энергетики

Технологии

Selected renewable energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances

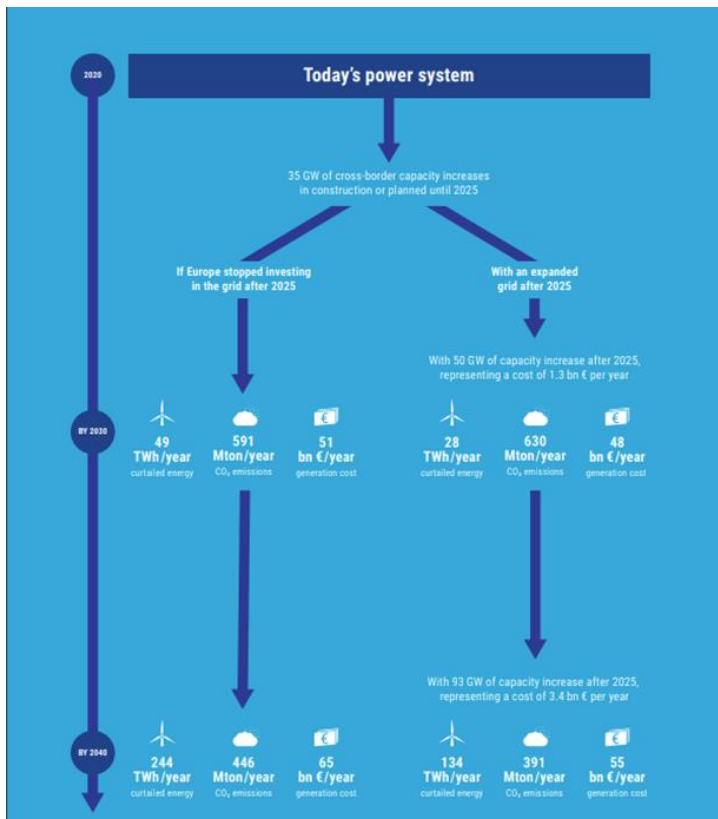


Source: Lazard estimates.

Note: Here and throughout this presentation, unless otherwise indicated, the analysis assumes 60% debt at 8% interest rate and 40% equity at 12% cost. Please see page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Sensitivity to Cost of Capital" for cost of capital sensitivities. These results are not intended to represent any particular geography. Please see page titled "Solar PV versus Gas Peaking and Wind versus CCGT—Global Markets" for regional sensitivities to selected technologies.

- (1) Unless otherwise indicated herein, the low case represents a single-axis tracking system and the high case represents a fixed-tilt system.
- (2) Represents the estimated implied midpoint of the LCOE of offshore wind, assuming a capital cost range of approximately \$2,500 – \$3,600/MW.
- (3) The fuel cost assumption for Lazard's global, unsubsidized analysis for gas-fired generation resources is \$3.45/MMBTU.
- (4) Unless otherwise indicated, the analysis herein does not reflect decommissioning costs, ongoing maintenance-related capital expenditures or the potential economic impacts of federal loan guarantees or other subsidies.
- (5) Represents the midpoint of the marginal cost of operating fully decommissioned gas combined cycle, coal and nuclear facilities, inclusive of decommissioning costs for nuclear facilities. Analysis assumes that the salvage value for a decommissioned gas combined cycle or coal asset is equivalent to its decommissioning and site restoration costs. Inputs are derived from a benchmark of operating gas combined cycle, coal and nuclear assets across the U.S. Capacity factors, fuel, variable and fixed operating expenses are based on upper- and lower-quartile estimates derived from Lazard's research. Please see page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Renewable Energy versus Marginal Cost of Selected Existing Conventional Generation" for additional details.
- (6) High end incorporates 90% carbon capture and storage. Does not include cost of transportation and storage.
- (7) Represents the LCOE of the observed high case gas combined cycle inputs using a 20% blend of "Blue" hydrogen, (i.e., hydrogen produced from a steam-methane reformer, using natural gas as a feedstock and sequestering the resulting CO₂ in a nearby saline aquifer). No plant modifications are assumed beyond a 2% adjustment to the plant's heat rate. The corresponding fuel cost is \$5.20/MMBTU, assuming \$1.35/kg for Blue hydrogen.
- (8) Represents the LCOE of the observed high case gas combined cycle inputs using a 20% blend of "Green" hydrogen, (i.e., hydrogen produced from an electrolyzer powered by a mix of wind and solar generation and stored in a nearby salt cavern). No plant modifications are assumed beyond a 2% adjustment to the plant's heat rate. The corresponding fuel cost is \$10.05/MMBTU, assuming \$4.15/kg for Green hydrogen.

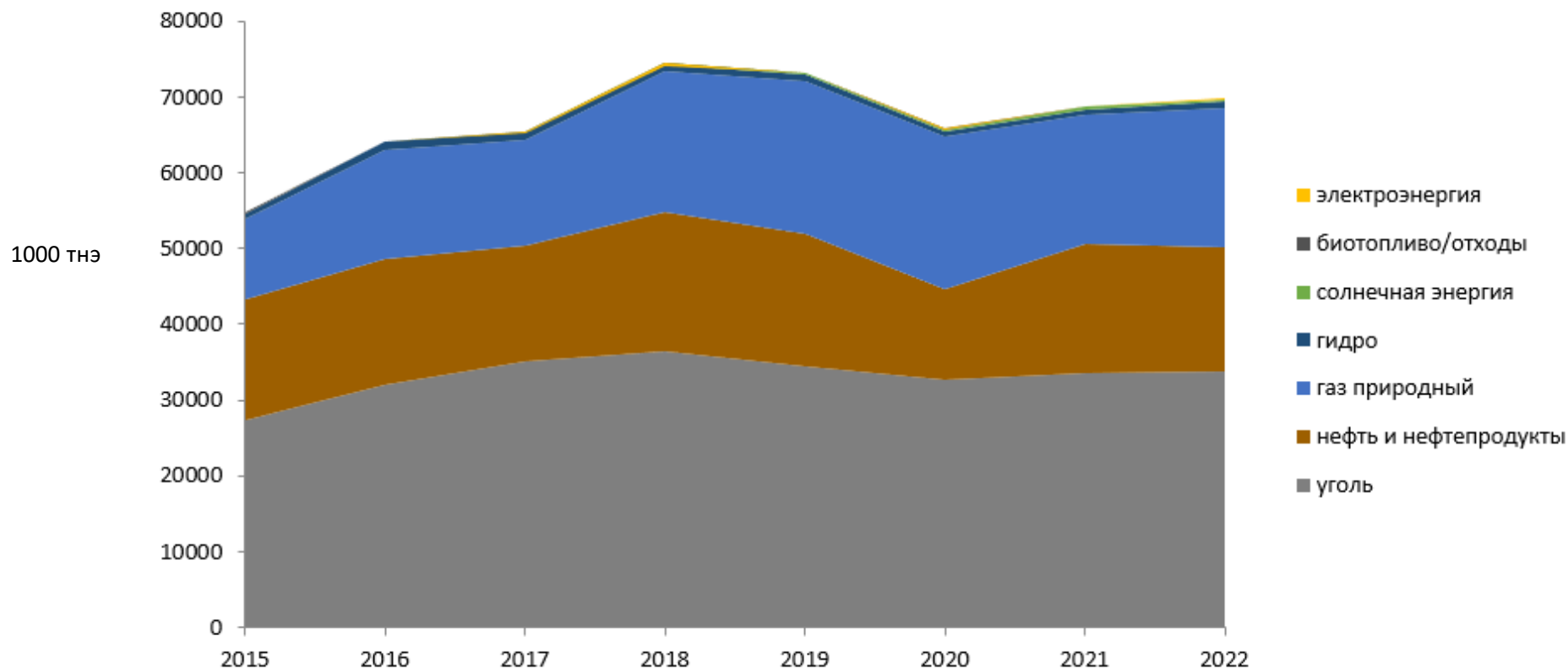
Цена: генерация или сети?



Казахстан

Электроэнергетика

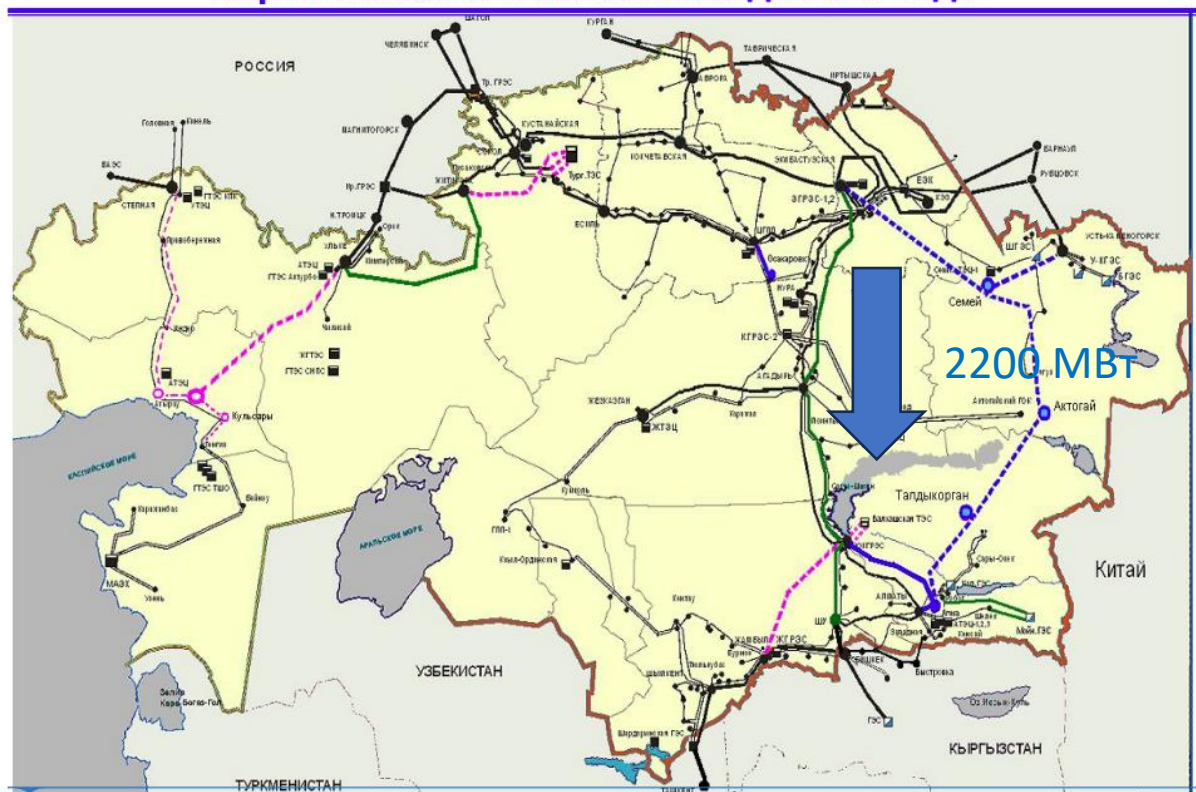
Первичные источники энергии в Казахстане



Источник: stat.gov.kz

ЕЭС Казахстана

Карта-схема ЕЭС Казахстана до 2025 года



Казахстан:

- Много генерации на севере
- Спрос растет на юге
- Доля угля более 70%

Что делать? Могут ли ВИЭ покрыть ВСЕГДА будущий спрос на электроэнергию?

Наличие ресурсов

Долгосрочные	Первичные источники	Добыча Переработка: нефть, газ, уран
	Доставка до точек производства	Газопроводы Морские порты
	Технологии	Производство Управление
	Доставка до точек потребления	Газопроводы Электросети
Краткосрочные (надежность)	Баланс спроса и предложения	Диверсификация источников «Коктейль» поставщиков
		Резервы

Надежность ВИЭ

Нормальное распределение

Если выполнены следующие условия:

- Все станции имеют равную максимальную мощность
- Станции расположены далеко друг от друга

то в таком случае суммарная генерация станций, имеющих случайный характер мощности генерации имеет т.н.

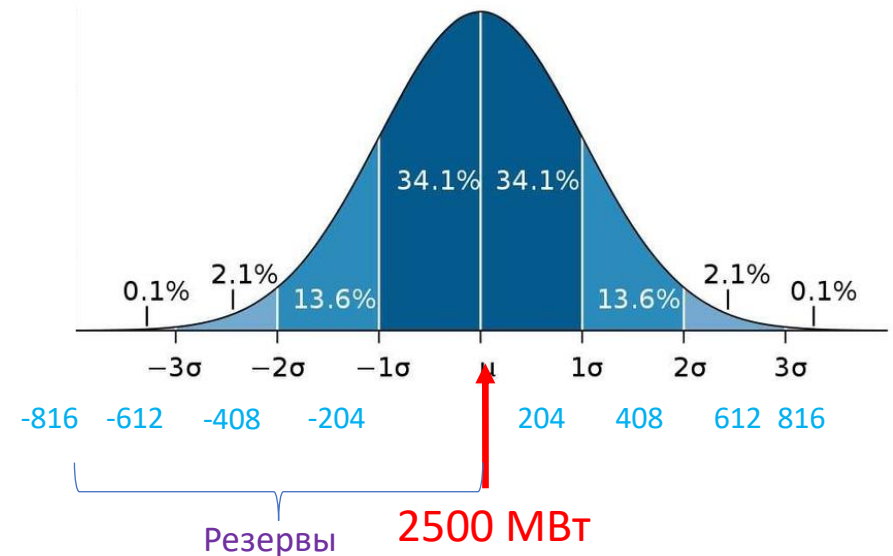
нормальное распределение вероятности

Стандартное отклонение

- Случайная величина характеризуется средним значением и стандартным отклонением. Стандартное отклонение характеризует вероятность отклонения случайной величины от среднего значения.

Пример:

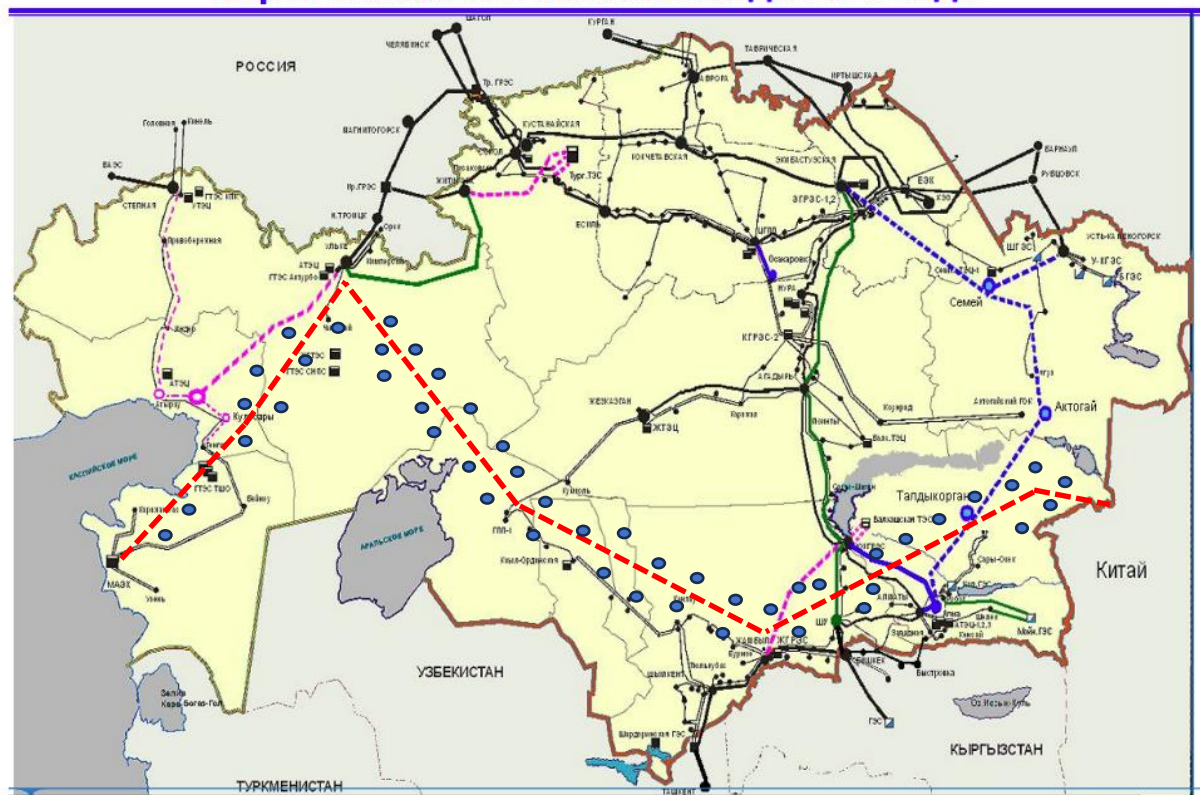
50 станций мощностью 100 МВт с равномерным распределением выдаваемой мощности



1	0,682689492137
2	0,954499736104
3	0,997300203937
4	0,999936657516

ЕЭС Казахстана

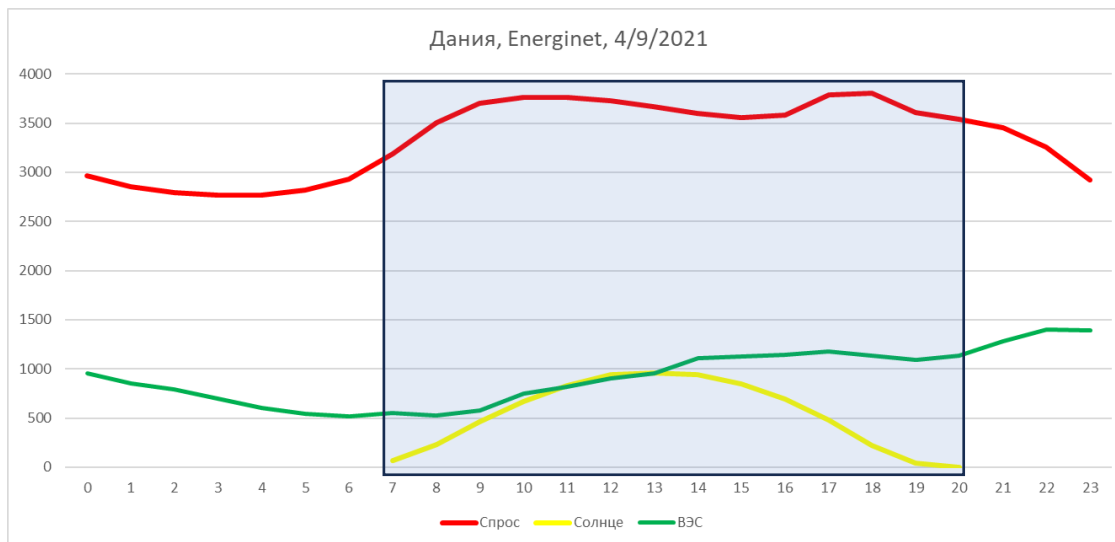
Карта-схема ЕЭС Казахстана до 2025 года



Казахстан:

- Развитие ВИЭ на юге снизит территориальные диспропорции
- Снижение доли угля ведет нас к углеродной нейтральности
- ВИЭ – самая недорогая на сегодня энергия на рынке

Компенсация ночного провала солнечной генерации



Ночной провал солнечной генерации в целом совпадает с ночным провалом потребления. Необходимо просто ограничивать долю солнечной генерации пропорционально ночному провалу.

Что касается утреннего и вечернего пиков спроса на электроэнергию – то это давно известная энергосистемам задача. Она решается обычно созданием ГЭС с водохранилищами суточного регулирования или гидроаккумулирующих станций (ГАЭС). В последнее время к ним добавились крупные аккумуляторные хранилища.

Кроме того, в суточном регулировании задействованы **маневренные газовые станции.**

ГЭС суточного регулирования в нашем регионе

Мойнакская ГЭС – 300 МВт

Токтогульская ГЭС – 1200 МВт

Бухтарминская ГЭС – 675 МВт

Братская ГЭС – 4500 МВт

Проектируемые

Капчагайская ГЭС (после строительства контррегулятора) – 300 МВт

Шульбинская ГЭС (после строительства контррегулятора) – 700 МВт

Зимний провал солнечной генерации

Снижение инсоляции в зимнее время достигает 75%. Поэтому доля СЭС в энергобалансе должна быть ограничена. Но она и так ограничена из-за ночного провала.

В зимний период времени значительно вырастает производство тепла (в Алматы – в шесть раз). Поэтому на всех ТЭЦ (когенерация тепла и электроэнергии) растет производство электроэнергии

Замещение выпадающей солнечной генерации на генерацию ТЭЦ – счетная задача. Не должны строиться ТЭЦ без когенерации тепла и электроэнергии. В ЕС по этому поводу принята специальная директива

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/cogeneration-heat-and-power_en#:~:text=With%20the%20Energy%20Efficiency%20Directive%2C%20EU%20countries%20are%20required%20to,proved%20with%20guarantees%20of%20origin.

Маневренная генерация и теплоснабжение

Маневренная генерация обязана компенсировать волатильность как потребления, так и генерации

- ГЭС, Накопители (Батареи, ГАЭС, Гравитационные и проч.), **Газовые станции**

Газовые станции вместе с генерацией электроэнергии могут обеспечить теплоснабжение в городах, замещая угольные станции

- ЕС директивно запретил строительство газовых станций БЕЗ когенерации.
- Туркестанская ТЭЦ запланирована мощностью 900 МВт без соответствующей когенерации. Также не имеет когенерации планирующаяся Алматинская ТЭЦ-3 мощностью 400 МВт

Таким образом, ближайшее десятилетие развитие энергетики должно опираться на ВИЭ и газовые станции

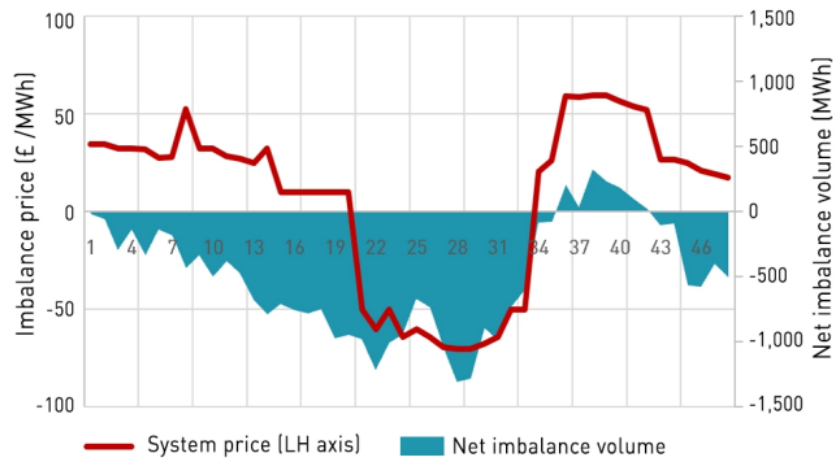


Итоги 2022 г.

Добыча газа	53,3 млрд. куб.м.
Производство товарного газа	27,8 млрд. куб.м.
Внутреннее потребление	19,3 млрд. куб.м.
Экспорт	4,6 млрд. куб.м.

Зеленый водород

Negative prices on 24 March 2019

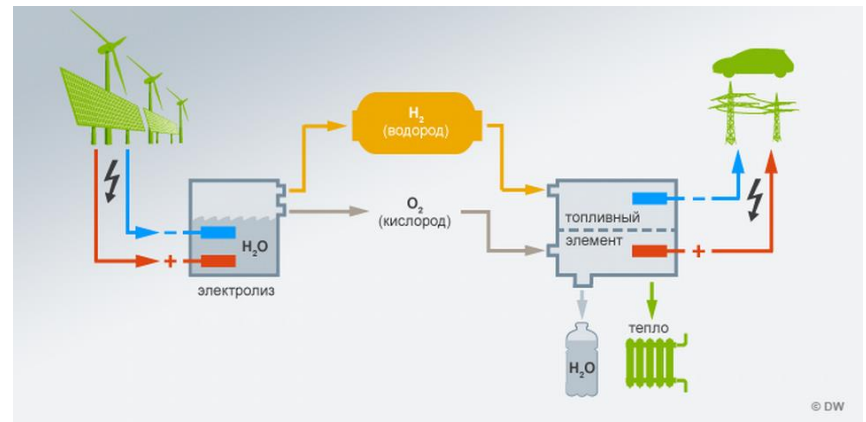


Source: National Grid balancing reports

В часы избытка солнца и ветра цены на электроэнергию становятся отрицательными. Это позволяет сделать производство водорода электролизом прибыльным

Потребителями водорода станут

- Автомобили на топливных элементах
- Морские суда
- Самолеты



Спасибо за внимание!



Асет Наурызбаев, asset.nauryzbayev@gmail.com