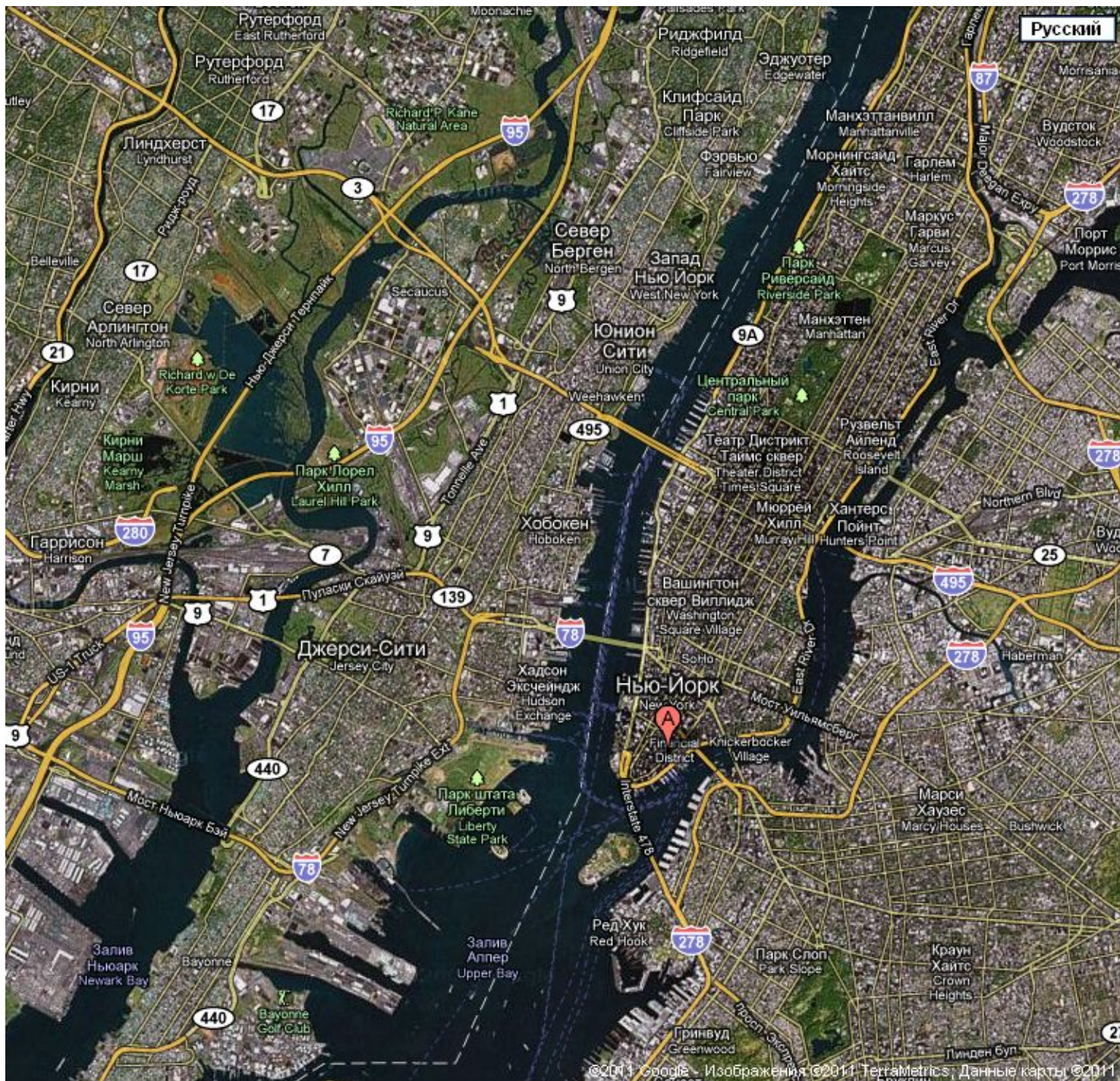
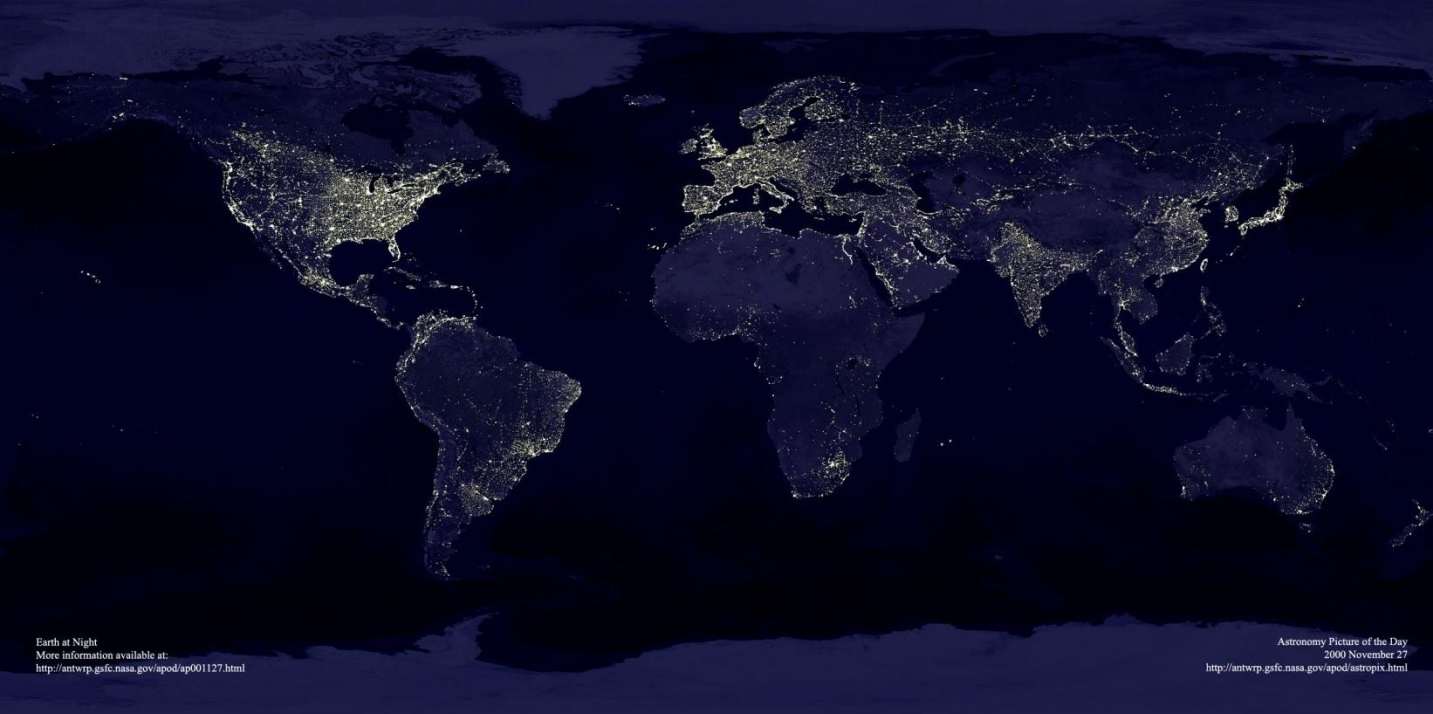
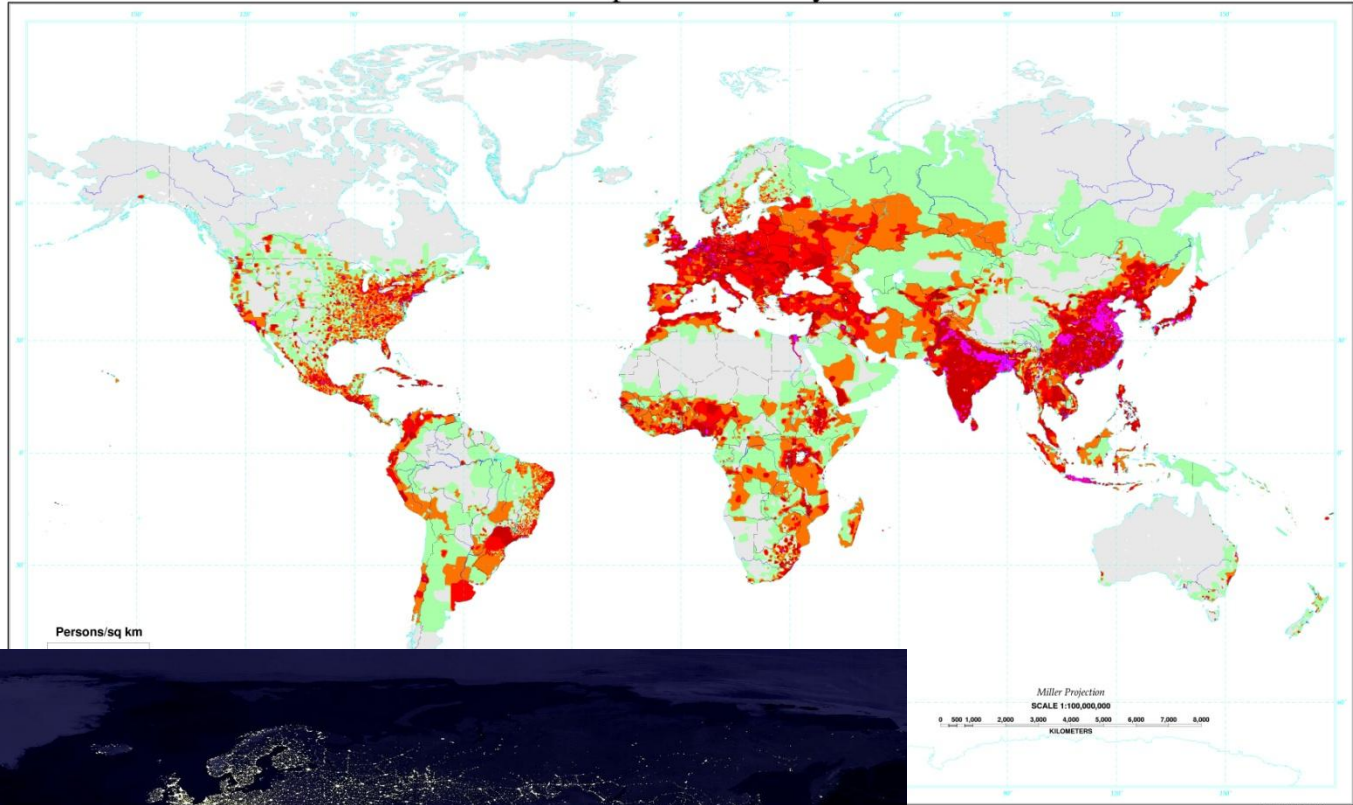


# Электроэнергетика мира и России

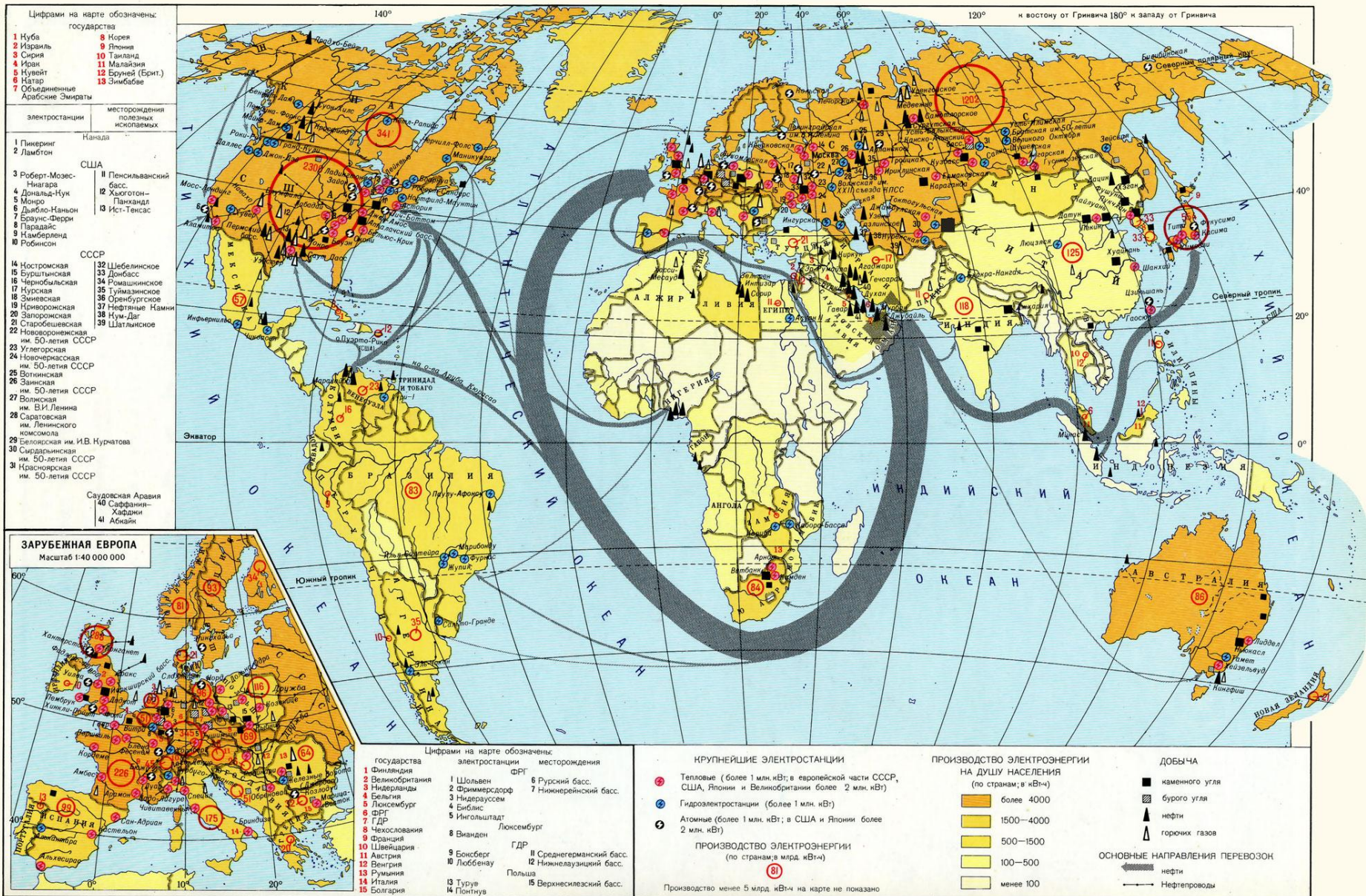




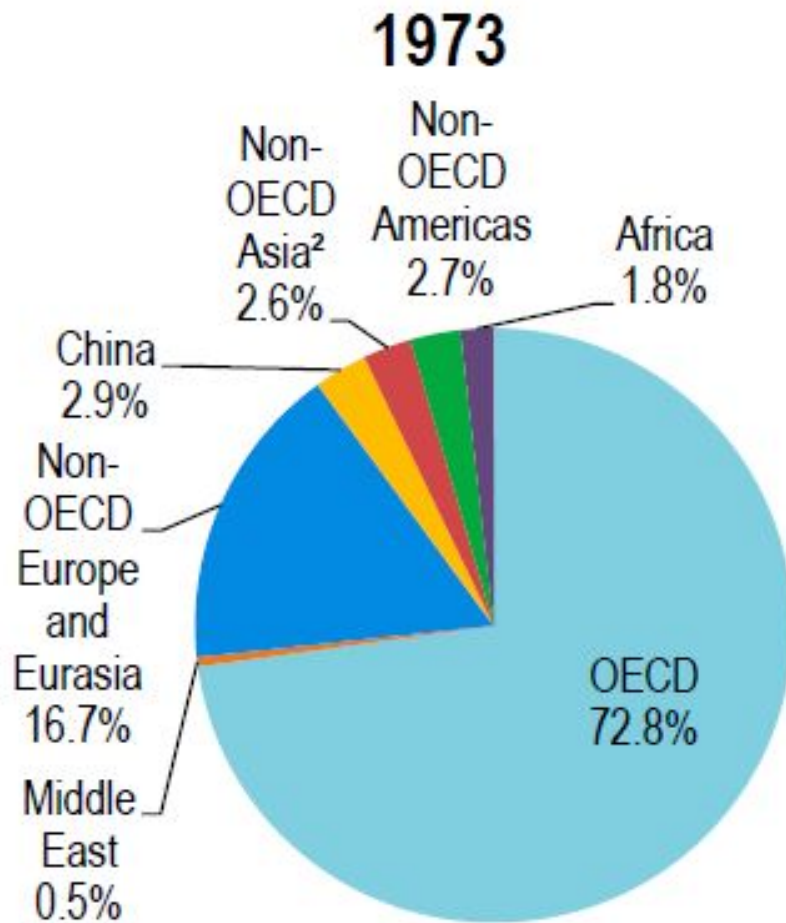
# Historical Population Density - 1994



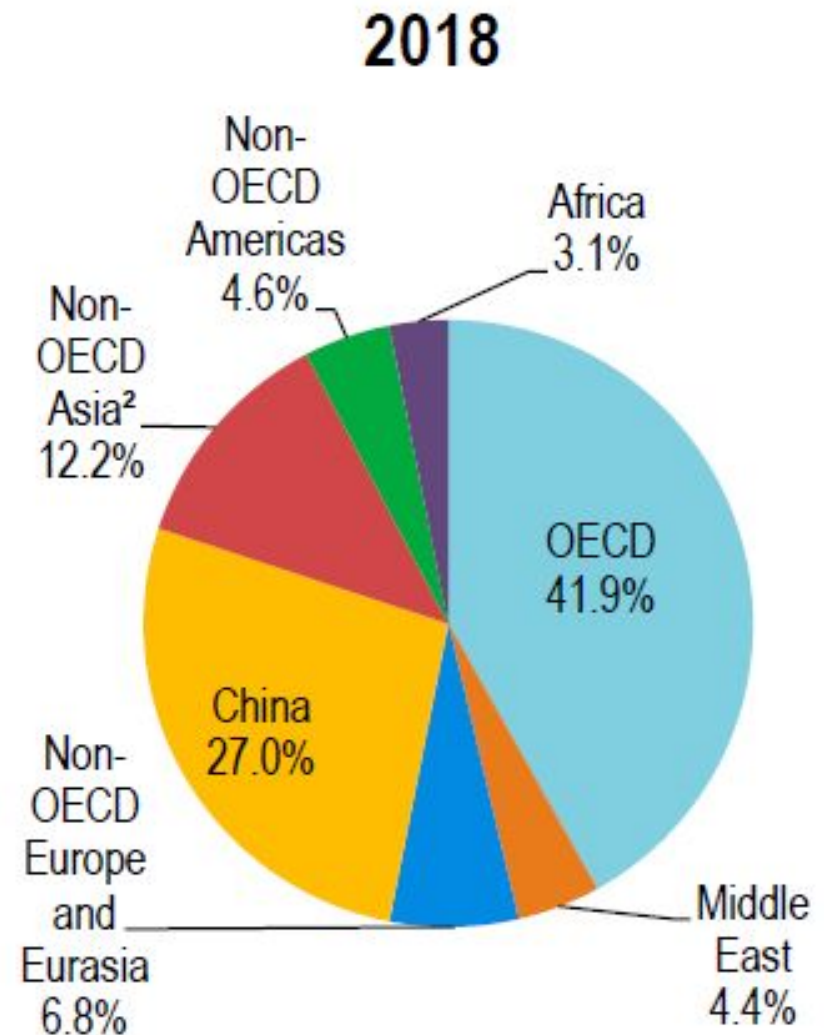
# Электроэнергетика мира, конец 1970-х гг.



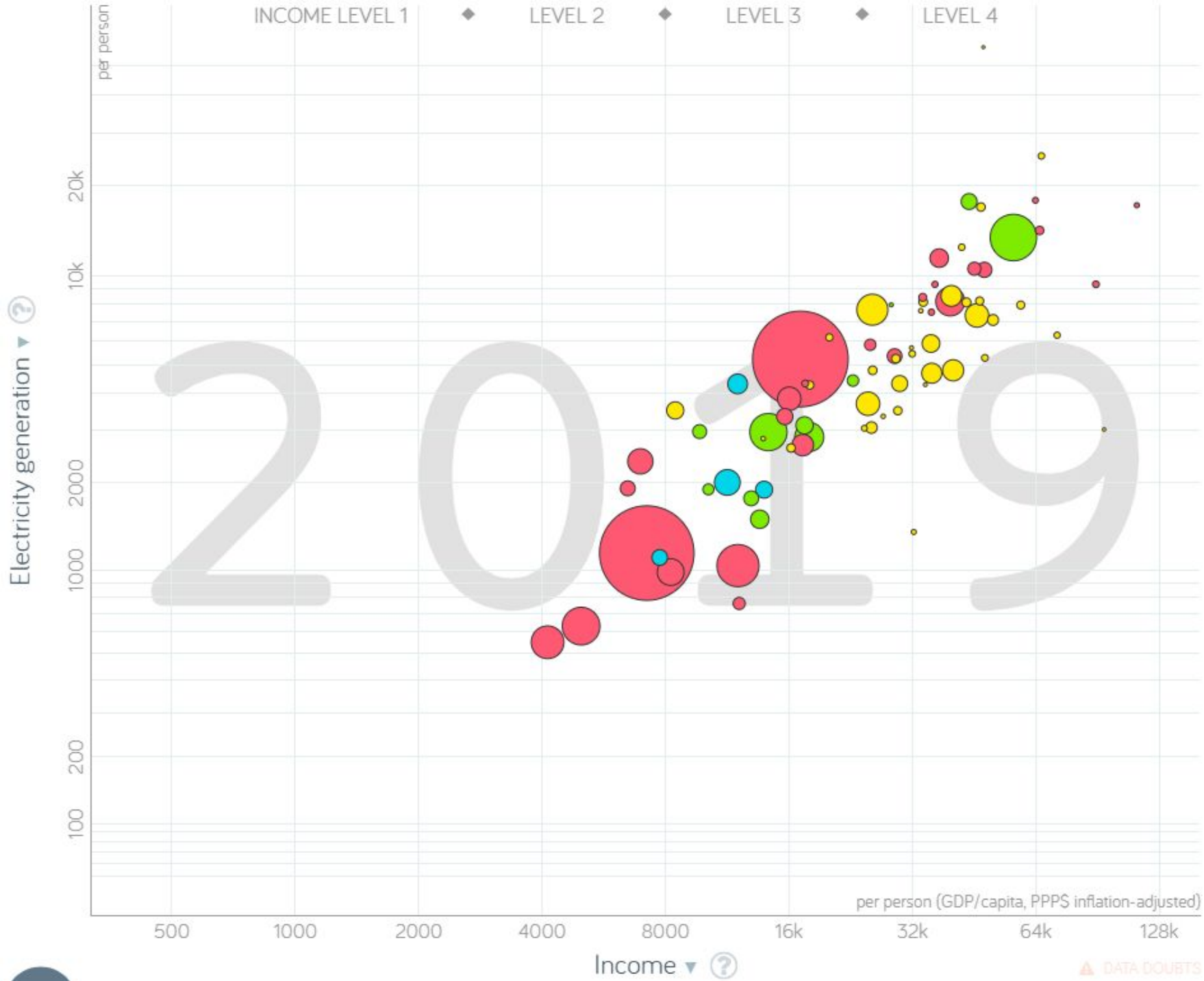
# Мировое производство электроэнергии по регионам



6 131 TWh



26 619 TWh



**Страны с самым большим  
производством электроэнергии  
(миллиарды кВт·ч), 2018 г.**

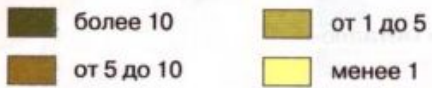
	<b>Страна</b>		<b>Доля, %</b>
—	<b>Мир в целом</b>	<b>26 619</b>	<b>100</b>
1	Китай	7149	26,9
2	США	4434	16,7
3	Индия	1583	5,9
4	Россия	1113	4,2
5	Япония	1050	3,9
6	Канада	654	2,5
7	Германия	637	2,4
8	Бразилия	601	2,3
9	Республика Корея	586	2,2
10	Франция	577	2,2



# МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



Производство электроэнергии на душу населения, 2015 г., тыс. кВт·ч

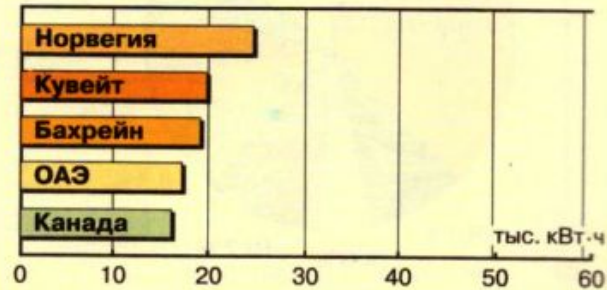


Производство электроэнергии по странам мира, 2016 г., млрд кВт·ч

100 соответствует 100 млрд кВт·ч

Объём произведённой электроэнергии менее 80 млрд кВт·ч на карте не показан

Мировое производство электроэнергии — 24816 млрд кВт·ч, 2016 г.



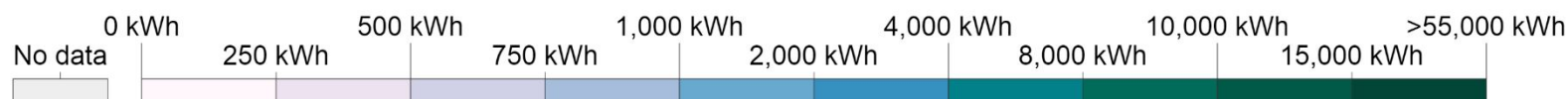
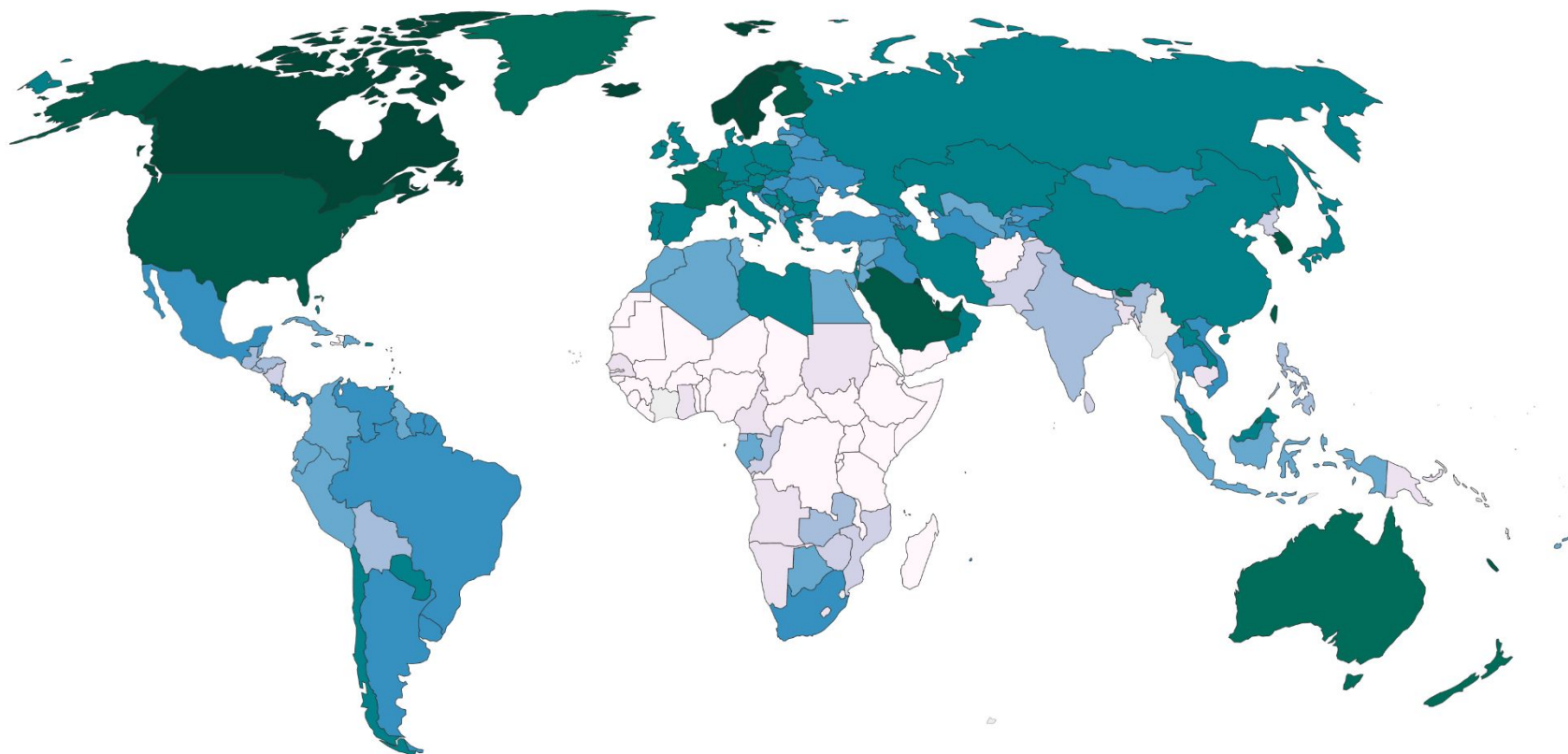
Страны-лидеры по производству электроэнергии в расчёте на душу населения, 2015 г., тыс. кВт·ч

**Страны с самым большим  
потреблением электроэнергии на душу  
населения (кВт·ч), 2019 г.**

	<b>Страна</b>	
1	Исландия	56 828
2	Норвегия	26 492
3	Бахрейн	17 133
4	Кувейт	17 004
5	Катар	16 656
6	Канада	16 648
7	Швеция	16 478
8	ОАЭ	13 308
9	США	12 235
10	Финляндия	12 175

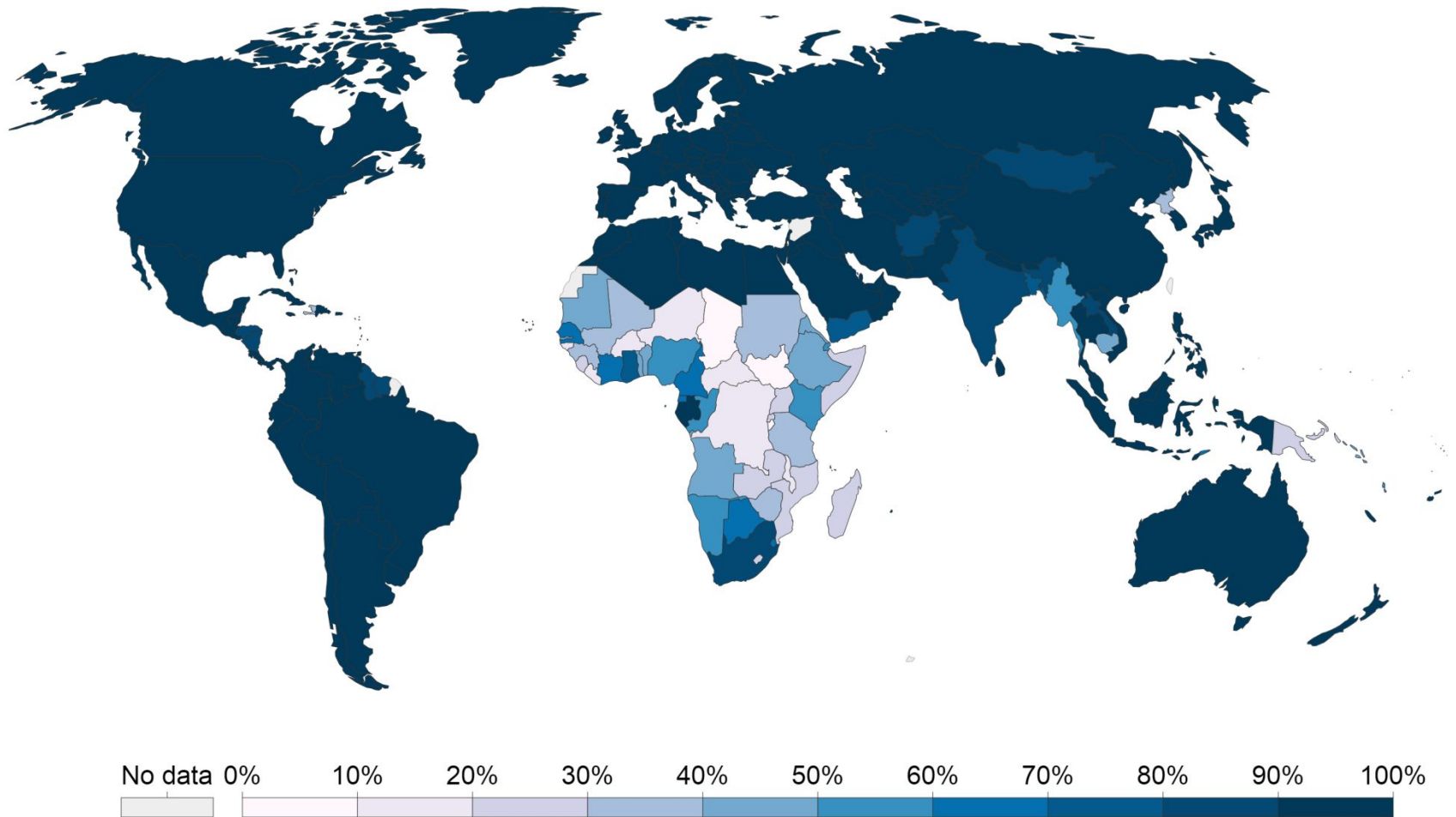
# Per capita electricity consumption, 2020

Average annual electricity consumption per capita, measured in kilowatt-hours (kWh) per year.



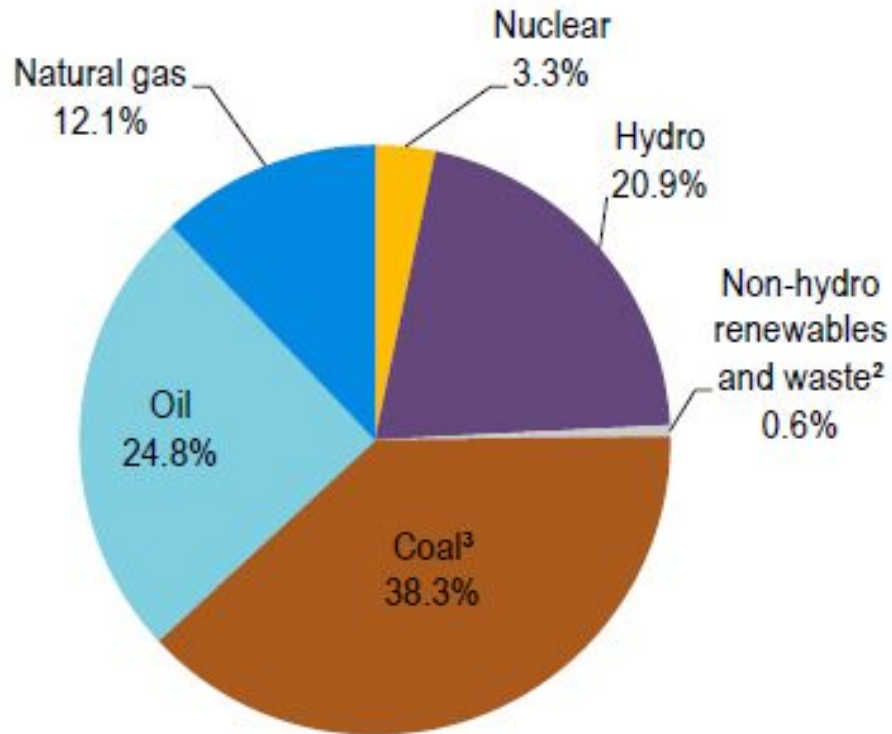
# Share of the population with access to electricity, 2016

Data represents electricity access at the household level, that is, people who have electricity in their home. It comprises electricity sold commercially, both on-grid and off-grid. Countries considered as “developed” by the UN, and classified as high income are assumed to have an electrification rate of 100% from the first year the country entered the category.



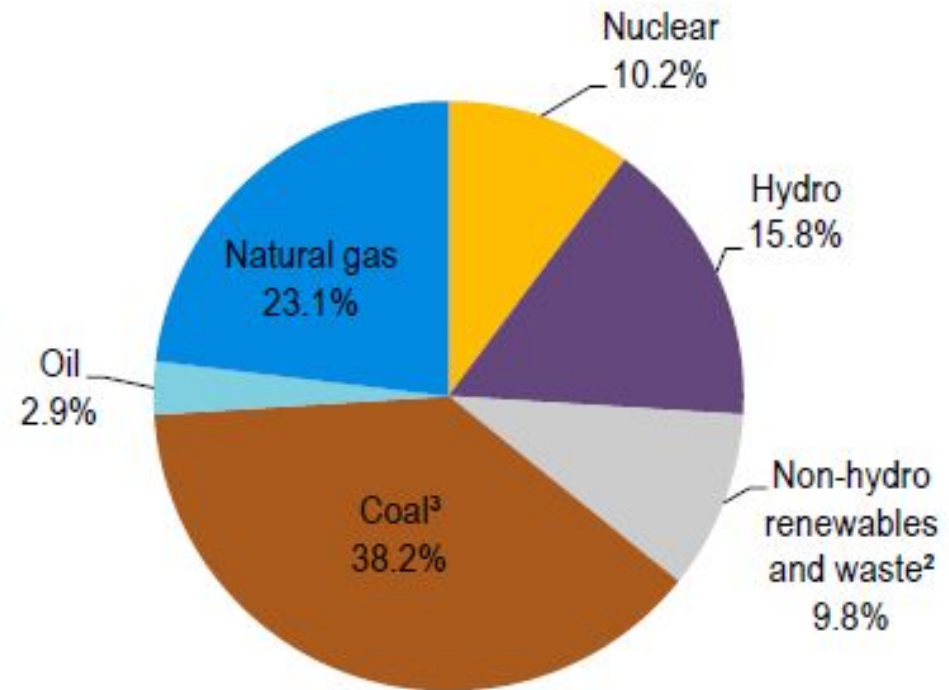
# Мировое производство электроэнергии по источнику энергии

1973



6 131 TWh

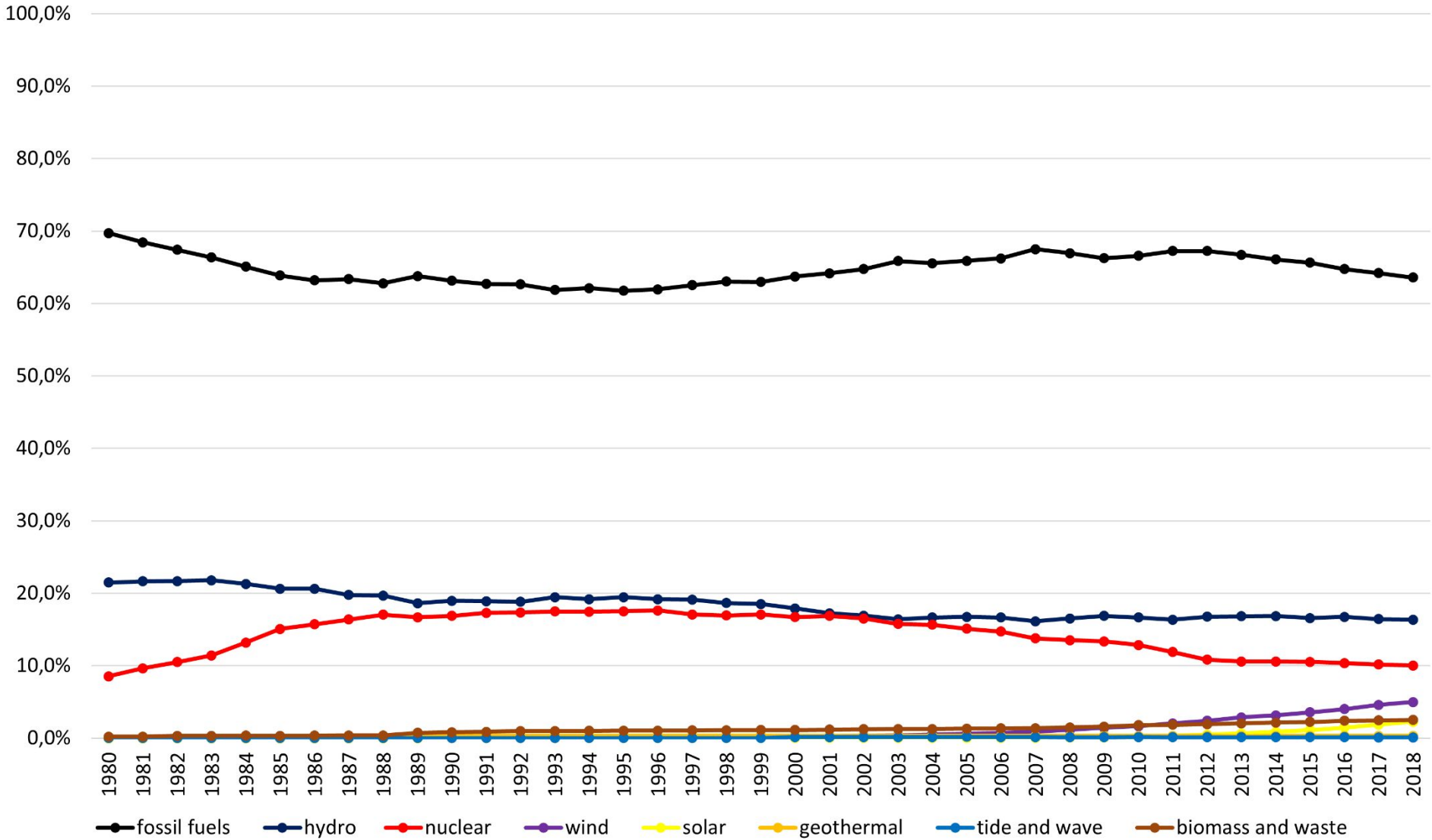
2018



26 619 TWh

# Мировое производство электроэнергии по источнику энергии

Electricity net generation by source, 1980-2018



# ТЭС

## Преимущества:

- строительство обходится дешевле, чем ГЭС и АЭС
- многообразие используемого топлива, поэтому размещение отличается относительной свободой (в сравнении с ГЭС и др.)

## Недостатки:

- сильные загрязнители атмосферы
- используют невозобновимые природные ресурсы
- *стоимость выработки электроэнергии выше, чем на ГЭС и АЭС*
- *стоимость электроэнергии привязана к скачкам цен на энергоносители*

# Теплоэлектростанции

ТЭС – тепловая электростанция

- КЭС – конденсационная электростанция
- ТЭЦ – теплоэлектроцентраль

(ГРЭС – государственная районная электростанция)

ТЭС:

- работающие на угле
- работающие на природном газе
- работающие на мазуте
- *работающие на горючих сланцах, торфе, биомассе, мусоре и др.*



# Global coal power

Drag the slider to explore coal capacity changes since 2000.

Year: Future

- Closing
- Operating
- New
- Under construction
- Planned

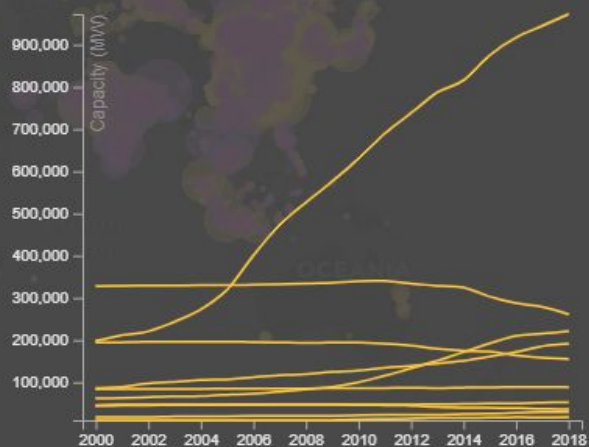
Region: All

Map: Dark

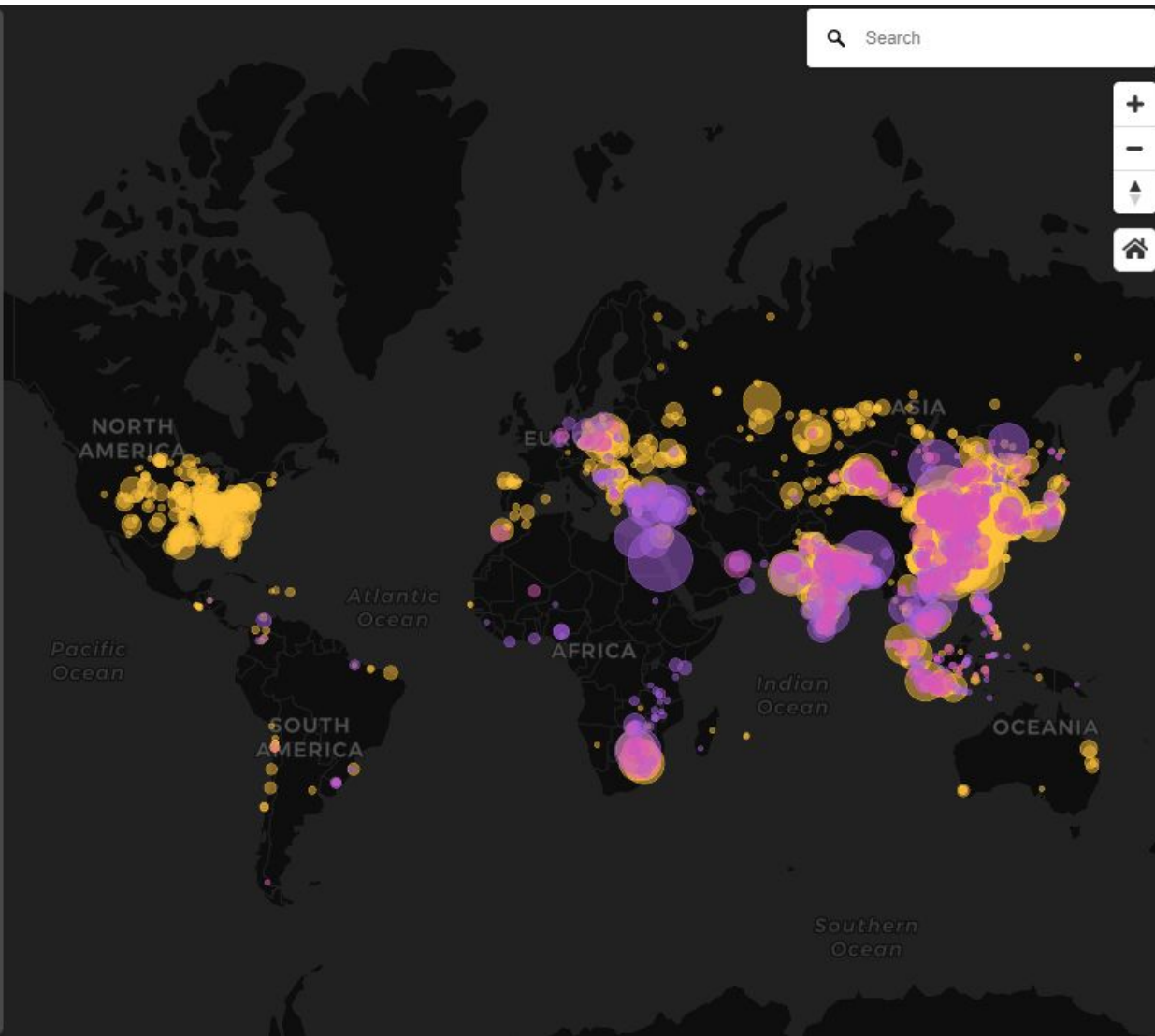
All regions

Dark

Operating: 1 783 292 MW 232,133 MW 306,651 MW



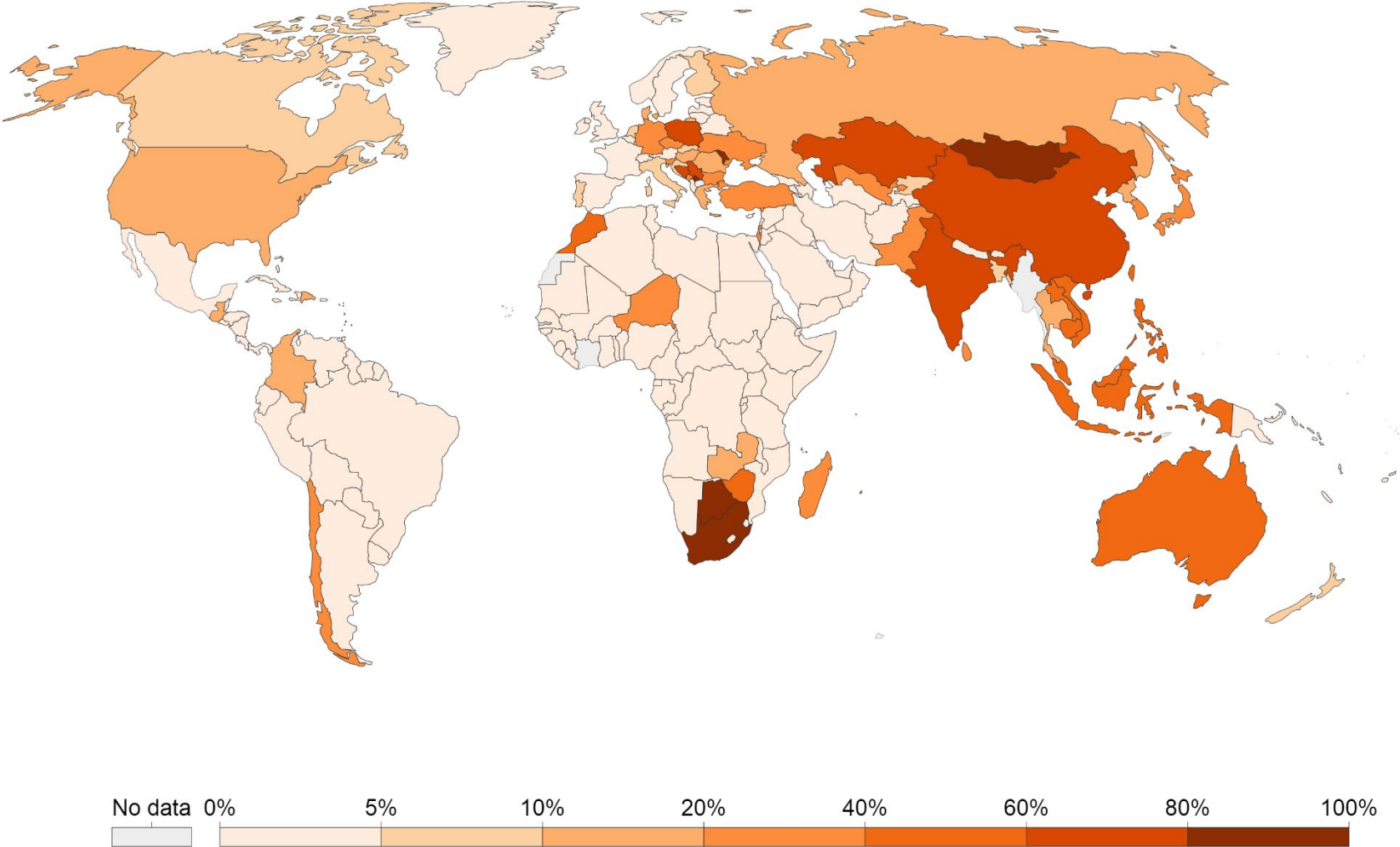
Data courtesy of CoalSwarm. Interactive by Rosamund Pearce with data wrangling by Simon Evans for Carbon Brief. Licensed under Creative Commons.



Search

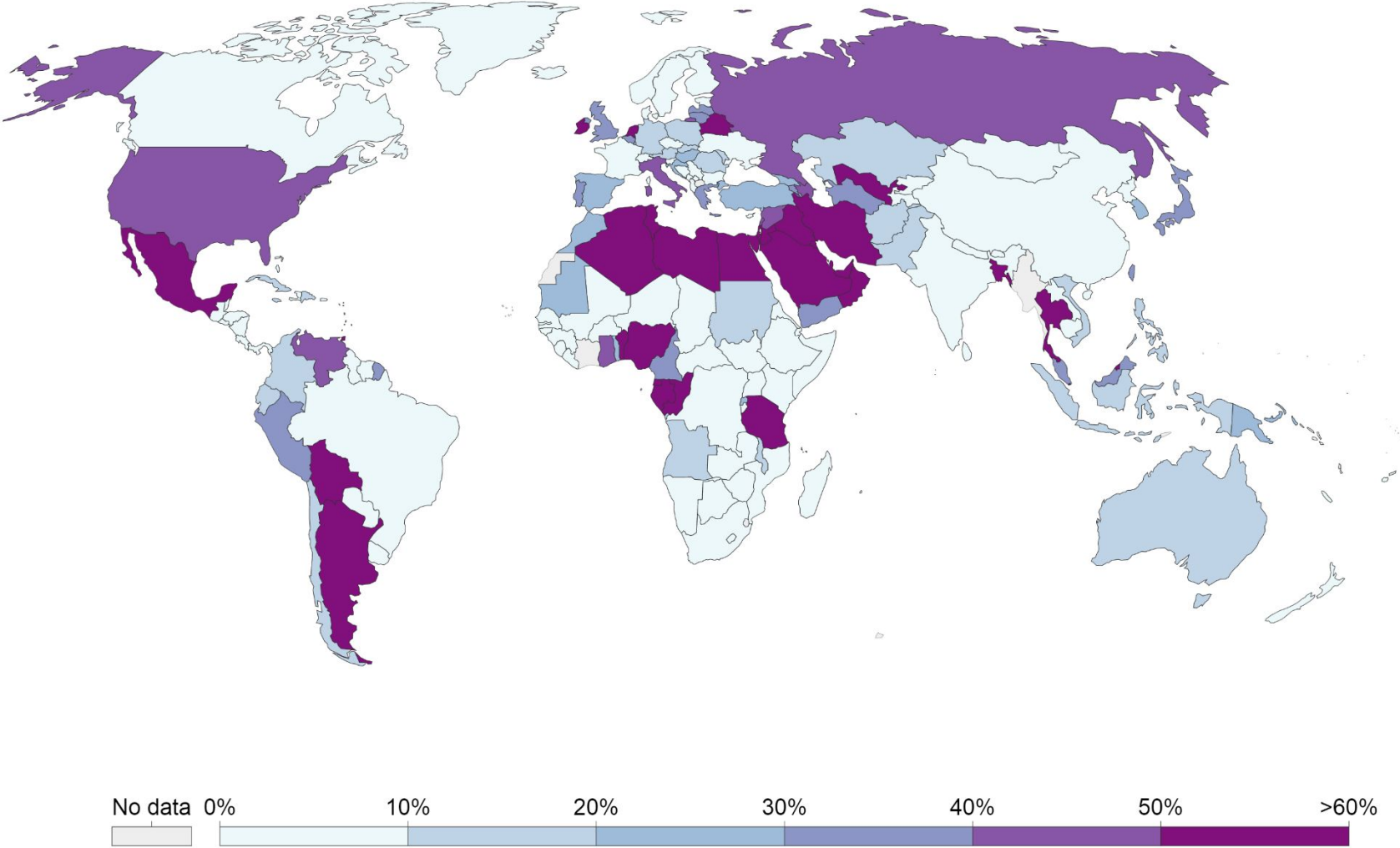


# Share of electricity production from coal, 2020



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

# Share of electricity production from gas, 2020

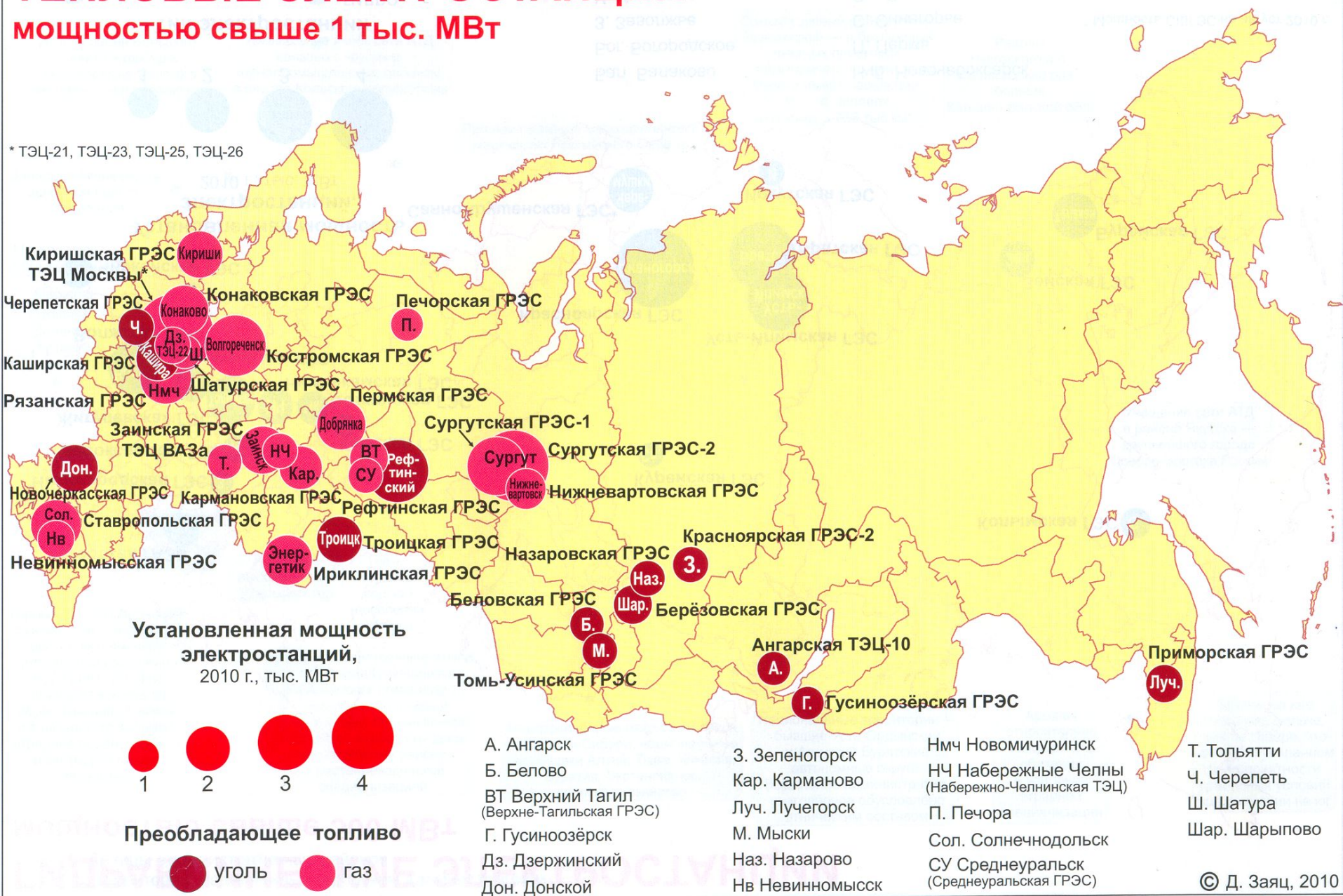


Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

# ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

мощностью свыше 1 тыс. МВт

\* ТЭЦ-21, ТЭЦ-23, ТЭЦ-25, ТЭЦ-26



# Крупнейшие ТЭС России

№	Название ТЭС	Установленная мощность, МВт	топливо	Годы ввода агрегатов	Собственник	Регион
1	Сургутская ГРЭС-2	5657,1	попутный нефтяной газ, природный газ	1985—2011	Юнипро	Ханты-Мансийский АО
2	Рефтинская ГРЭС	3800	каменный уголь	1970—1980	Кузбассэнерго	Свердловская область
3	Костромская ГРЭС	3600	природный газ	1969—1980	Интер РАО	Костромская область
4	Пермская ГРЭС	3363	природный газ	1986—2017	Интер РАО	Пермский край
5	Сургутская ГРЭС-1	3333	попутный нефтяной газ, природный газ	1972—1983	ОГК-2	Ханты-Мансийский АО
6	Рязанская ГРЭС	3130	бурый уголь, каменный уголь, природный газ	1973—2016	Интер РАО	Рязанская область
7	Киришская ГРЭС	2595	природный газ	1969—2012	ОГК-2	Ленинградская область
8	Конаковская ГРЭС	2520	природный газ	1964—1968	Энел Россия	Тверская область
9	Ириклинская ГРЭС	2430	природный газ	1970—1979	Интер РАО	Оренбургская область
10	Ставропольская ГРЭС	2423	природный газ	1975—1983	ОГК-2	Ставропольский край
11	Берёзовская ГРЭС	2400	бурый уголь	1987—2015	Юнипро	Красноярский край
12	Новочеркасская ГРЭС	2258	каменный уголь, природный газ	1965—2016	ОГК-2	Ростовская область
13	Заинская ГРЭС	2204,9	природный газ	1963—1972	Татэнерго	Татарстан
14	Нижневартовская ГРЭС	2031	попутный нефтяной газ	1993—2014	Интер РАО	Ханты-Мансийский АО

# ГЭС

## Преимущества ГЭС:

- 1) высокий КПД — 92—94% (у АЭС и ТЭС — около 33%),
- 2) экономичность
  - относительная дешевизна поддерживающего обслуживания
  - низкая себестоимость выработанной электроэнергии
- 3) простота управления
- 4) длительные сроки эксплуатации (до 100 лет и больше)
- 5) развитие речного транспорта
- 6) формирование крупных промышленных центров (энергоёмкая промышленность, пример – цветная металлургия на базе сибирских ГЭС)

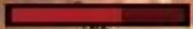
# Дамба Гувера

Строительство завершено в  
1936 году





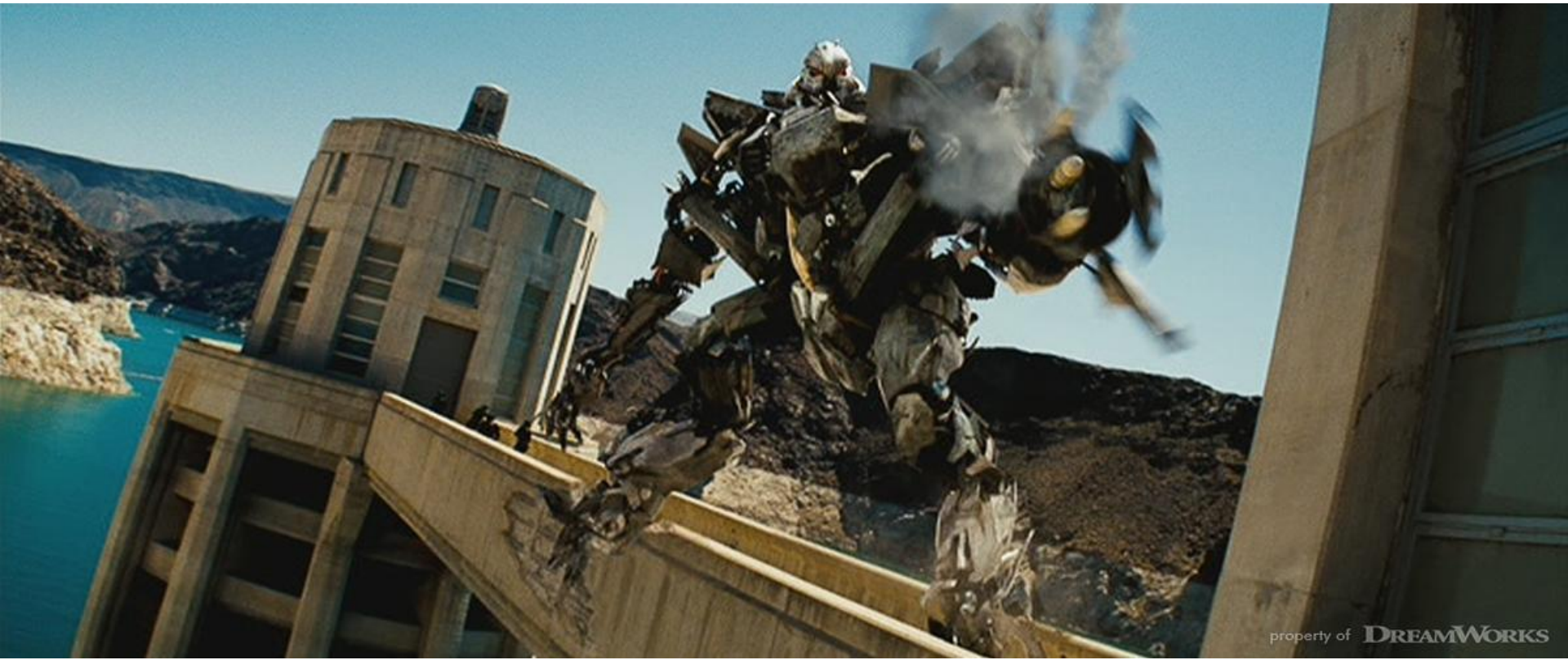
14:50



\$0000000







property of DREAMWORKS

## Недостатки ГЭС:

- большие сроки строительства — 15—20 лет (АЭС и ТЭС — несколько лет)
- большие капиталовложения на этапе строительства
- затопление плодородных земель

# Богучанка – последняя крупнейшая станция в Ангарском каскаде ГЭС



Источник: «Эксперт» на основе данных ОАО «Русгидро» и US Rusal

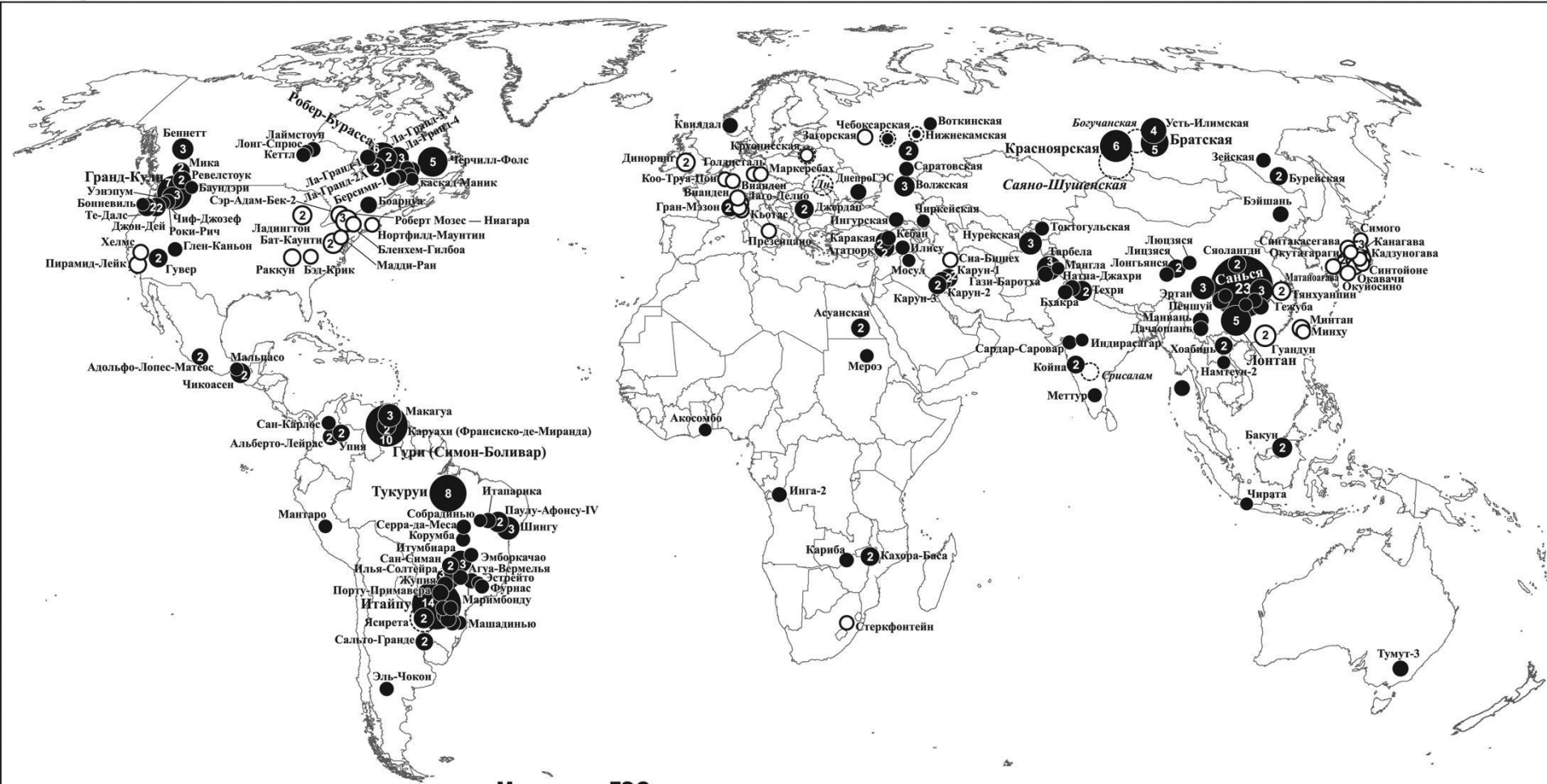






# ЭНЕРГЕТИКА

## Крупнейшие гидроэлектростанции мира



Показаны гидроэлектростанции с мощностью более 1 тыс. МВт

Мощность ГЭС, 2008 г., тыс. МВт

Ди. Днепровская ГЭС

Число в круге показывает мощность ГЭС в 2008 г. в тыс. МВт (для станций с мощностью более 1,8 тыс. МВт)

Картограмма составлена по Wikipedia с исправлениями и дополнениями

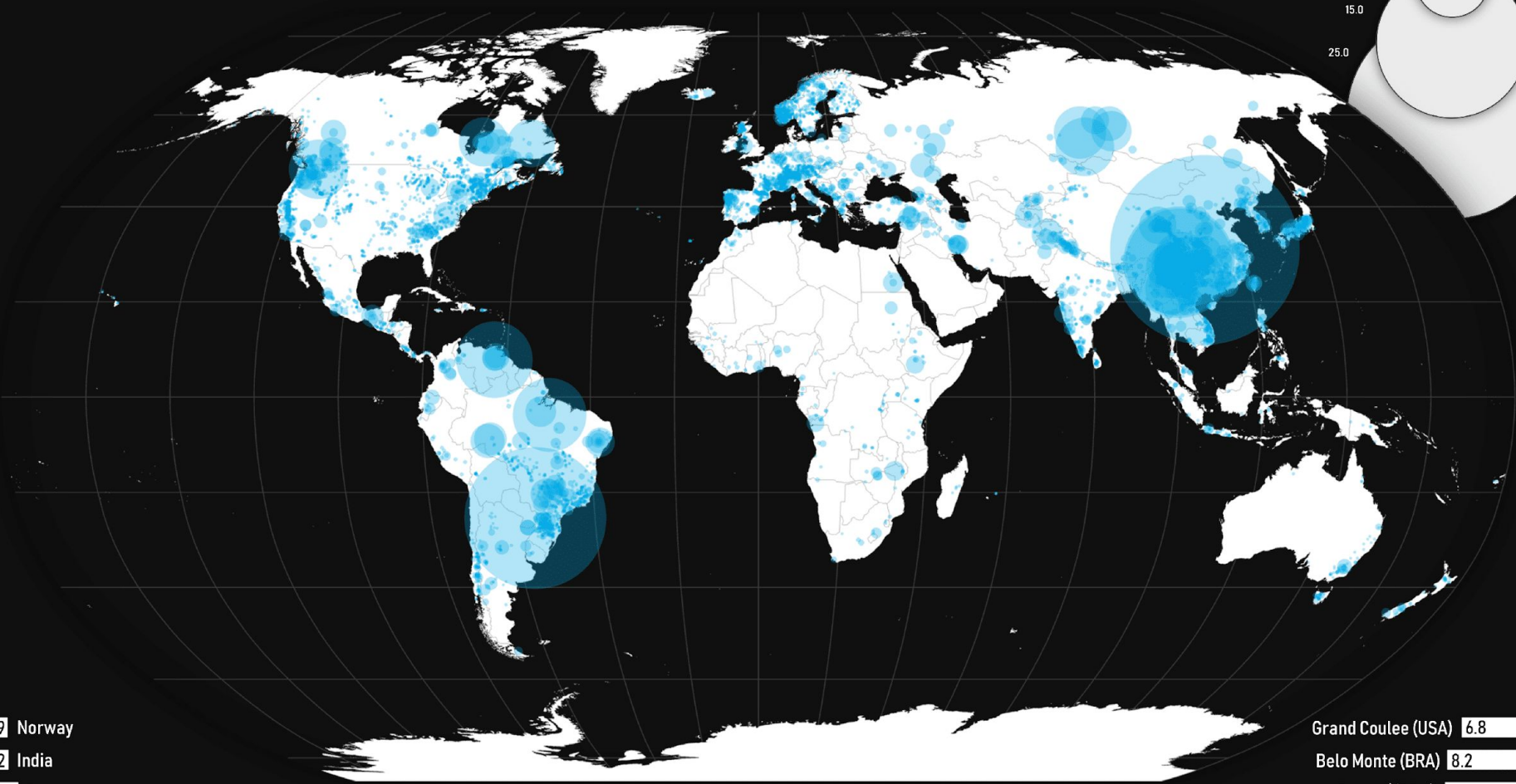
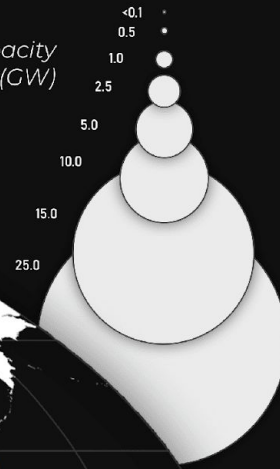


○ Гидроаккумулирующие электростанции

© Д. Заяц, 2009

# World Hydroelectric Plants (2018)

Nameplate Capacity (GW)



129	Norway
132	India
177	Russia
282	United States
373	Brazil
383	Canada
1064	China

Top Countries by Production (TWh)

Top Plants by Capacity (GW)

Grand Coulee (USA)	6.8
Belo Monte (BRA)	8.2
Tucuruí (BRA)	8.4
Guri (VEN)	10.2
Xiluodu (CHN)	13.9
Itaipu Dam (BRA/PRY)	14.0
Three Gorges Dam (CHN)	22.5



# Крупнейшие ГЭС мира

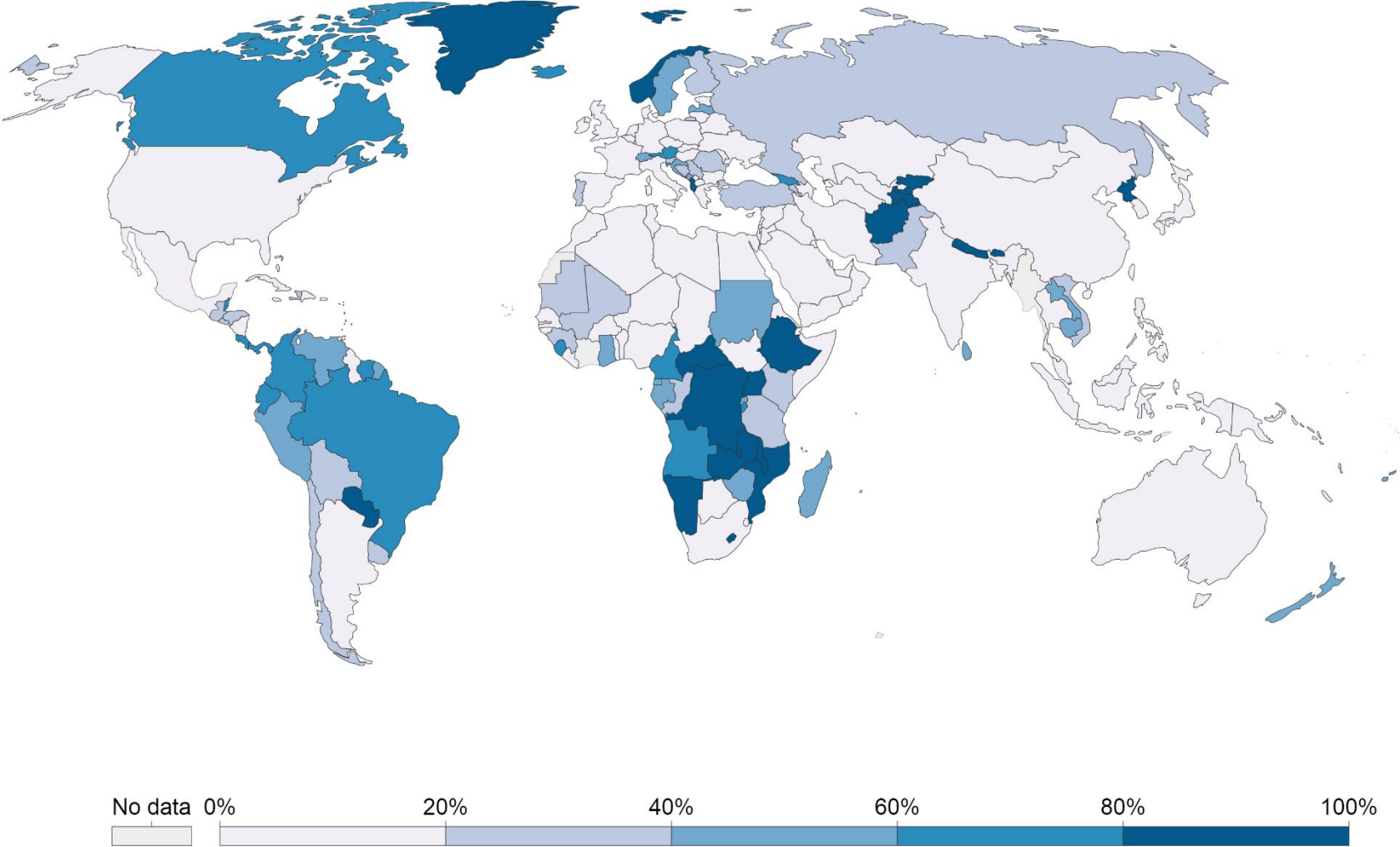
№	Название	Страна	Река	Мощность, мВт
1	Санься («Три ущелья»)	Китай	Янцзы	22 500
2	Итайпу	Бразилия/Парагвай	Парана	14 000
3	Силоду	Китай	Янцзы	13 860
4	Белу-Монти	Бразилия	Шингу	11 233
5	Гури («Симон Боливар»)	Венесуэла	Карони	10 235
6	Тукуруи	Бразилия	Токантинс	8 370
7	Гран Кули	США	Колумбия	6 809
8	Сянцзяба	Китай	Янцзы	6 448
9	Лунтань	Китай	Хуншуйхэ	6 426
10	Саяно-Шушенская	Россия	Енисей	6 000

# Производство электроэнергии на ГЭС, 2018 г.

Producers	TWh	% of world total
People's Rep. of China	1 232	28.5
Brazil	389	9.0
Canada	386	8.9
United States	317	7.3
Russian Federation	193	4.5
India	151	3.5
Norway	140	3.2
Japan	88	2.0
Viet Nam	84	1.9
France	71	1.6
Rest of the world	1 274	29.6
<b>World</b>	<b>4 325</b>	<b>100.0</b>



# Share of electricity production from hydropower, 2020



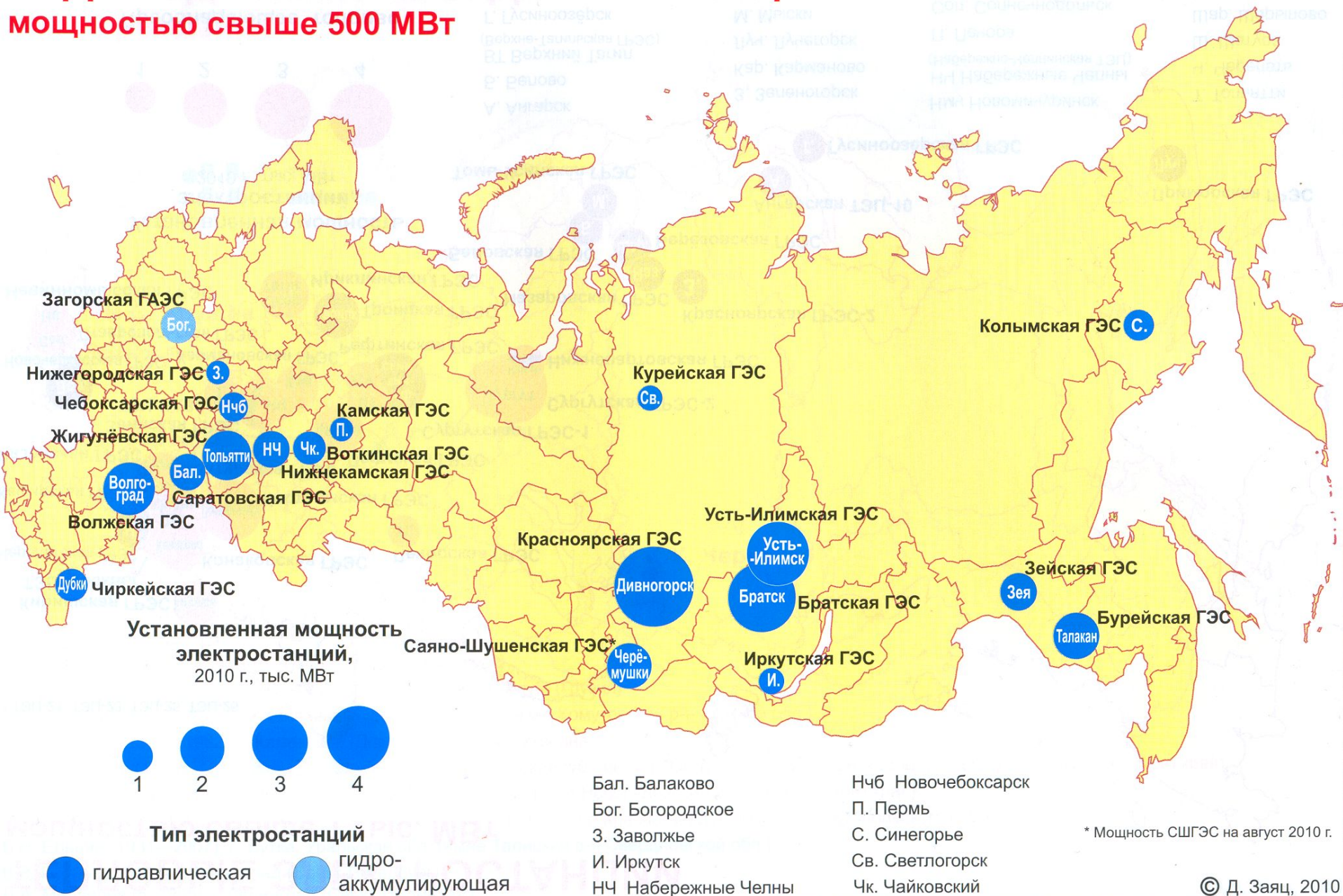
Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

# Доля ГЭС в общем производстве электроэнергии (%), 2018 г.

	Страна	%
—	<b>Мир в целом</b>	<b>16,4</b>
1	Албания	100
2	Бутан	100
3	Лесото	100
4	ДР Конго	99,6
5	ЦАР	99,3
6	Парагвай	98,8
7	Непал	98,1
8	Намибия	95,7
9	Эфиопия	95,6
10	Норвегия	95,5

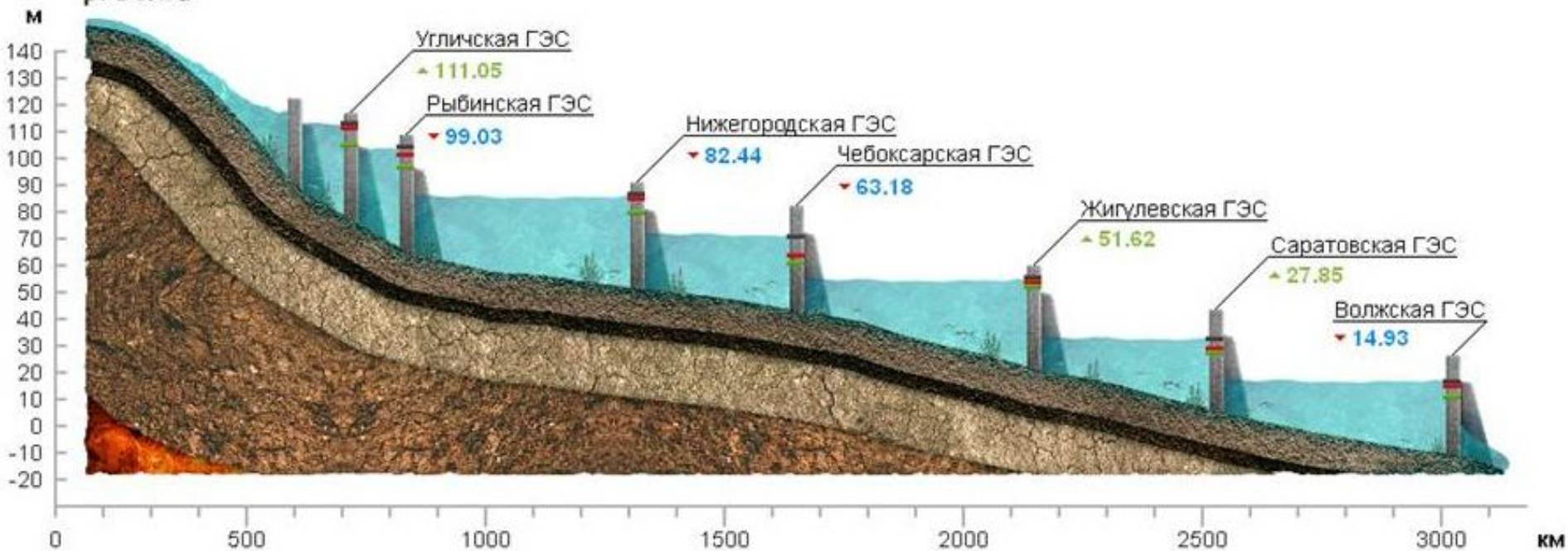
# ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

мощностью свыше 500 МВт





р. Волга



# Красноярская ГЭС





- **Авария на Саяно-Шушенской ГЭС** — индустриальная техногенная катастрофа, произошедшая 17 августа 2009 года. В результате аварии погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб. Работа станции по выработке электроэнергии была приостановлена.
- В результате проведённого расследования непосредственной причиной аварии было названо усталостное разрушение шпилек крепления крышки турбины гидроагрегата, что привело к её срыву и затоплению машинного зала станции.









# Крупнейшие ГЭС России

№	Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Годы ввода агрегатов	Собственник	Река	Регион
1	Саяно-Шушенская ГЭС	6 400	1978—1985	РусГидро	р. Енисей	Хакасия
2	Красноярская ГЭС	6 000	1967—1971	ЕвроСибЭнерго	р. Енисей	Красноярский край
3	Братская ГЭС	4 500	1961—1966	ЕвроСибЭнерго	р. Ангара	Иркутская область
4	Усть-Илимская ГЭС	3 840	1974—1979	ЕвроСибЭнерго	р. Ангара	Иркутская область
5	Богучанская ГЭС	2 997	2012—2014	РусГидро/РУСАЛ	р. Ангара	Красноярский край
6	Волжская ГЭС	2 671	1958—1961	РусГидро	р. Волга	Волгоградская область
7	Жигулёвская ГЭС	2 488	1955—1957	РусГидро	р. Волга	Самарская область
8	Бурейская ГЭС	2 010	2003—2007	РусГидро	р. Бурейя	Амурская область
9	Саратовская ГЭС	1 427	1967—1970	РусГидро	р. Волга	Саратовская область
10	Чебоксарская ГЭС	1 370	1980—1986	РусГидро	р. Волга	Чувашия
11	Зейская ГЭС	1 330	1975—1980	РусГидро	р. Зея	Амурская область
12	Нижнекамская ГЭС	1 205	1979—1987	Татэнерго	р. Кама	Татарстан
13	Загорская ГАЭС	1 200	1987—2000	РусГидро	р. Кунья	Московская область
14	Воткинская ГЭС	1 065	1961—1963	РусГидро	р. Кама	Пермский край
15	Чиркейская ГЭС	1 000	1974—1976	РусГидро	р. Сулак	Дагестан

# Чиркейская ГЭС (р. Сулак, Дагестан)



# Атомные электростанции (АЭС)

## Преимущества АЭС:

- универсальность размещения (не требуют массовых перевозок топлива)
- экологичность

## Недостатки АЭС:

- в случае крупной аварии – масштабная катастрофа
- проблема хранения и переработки отработанного топлива



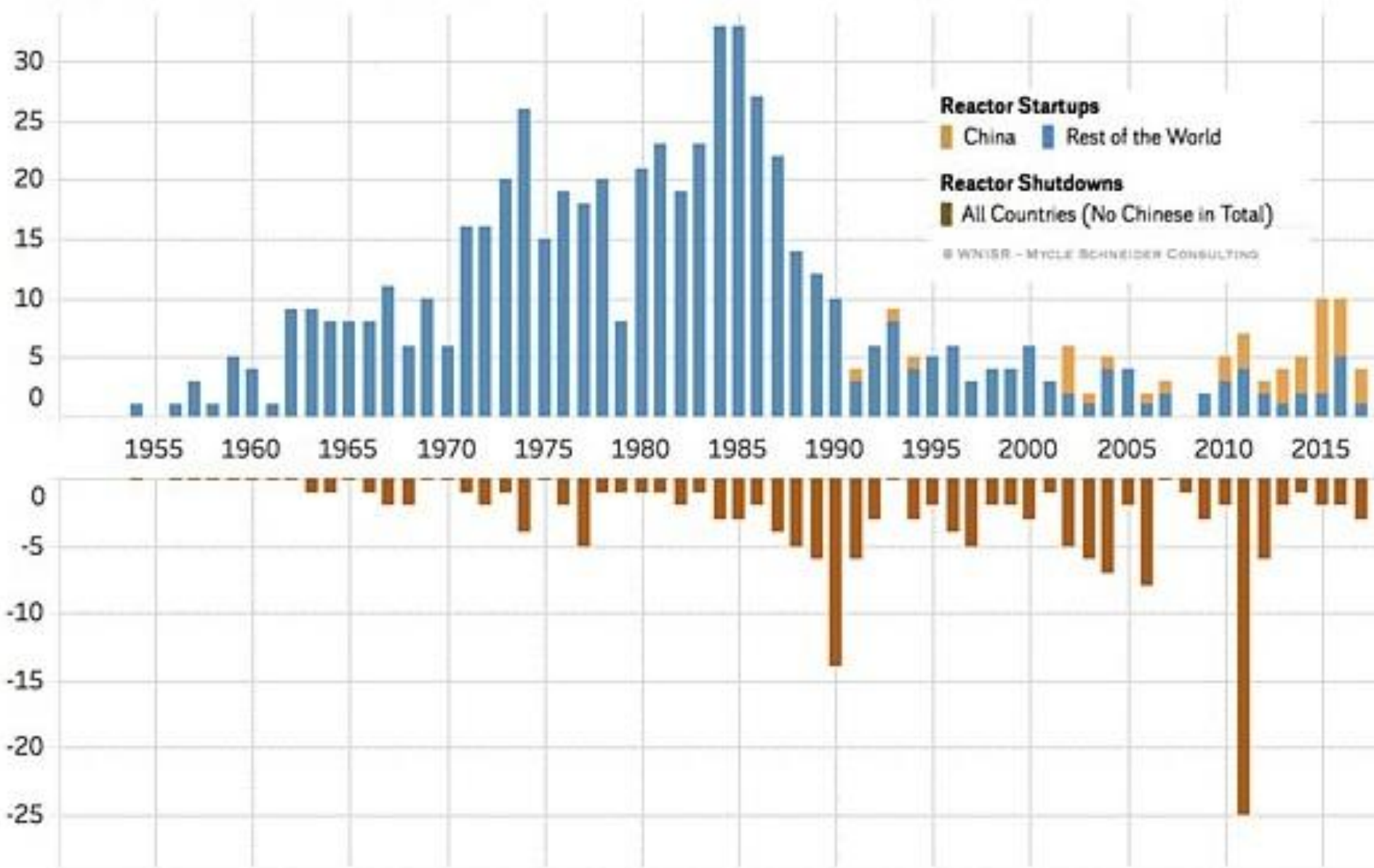
# Обнинская АЭС – первая в мире

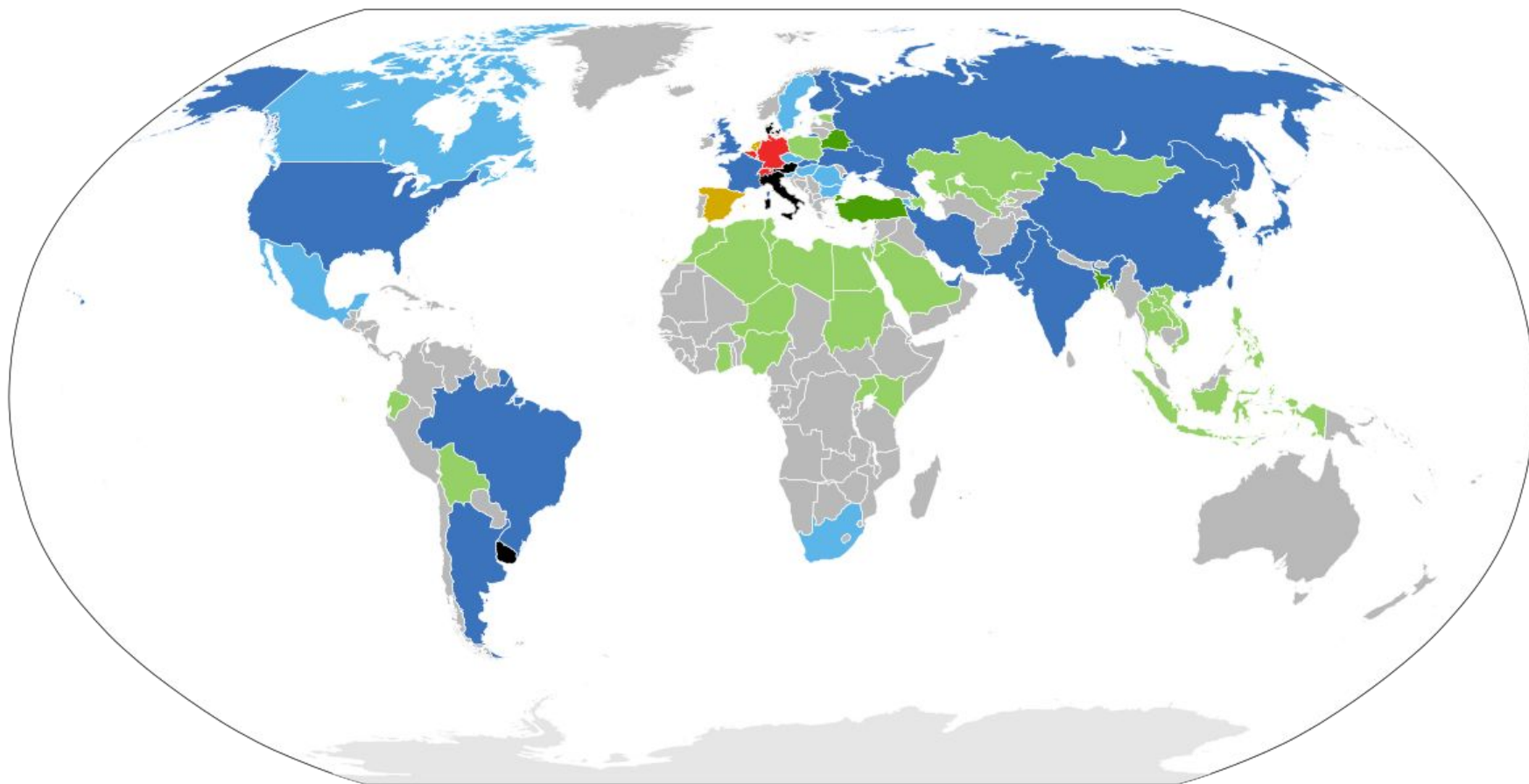




ПЕРВАЯ В МИРЕ АЭС

# Количество энергоблоков АЭС, подключаемых к сети и выводимых из эксплуатации в мире

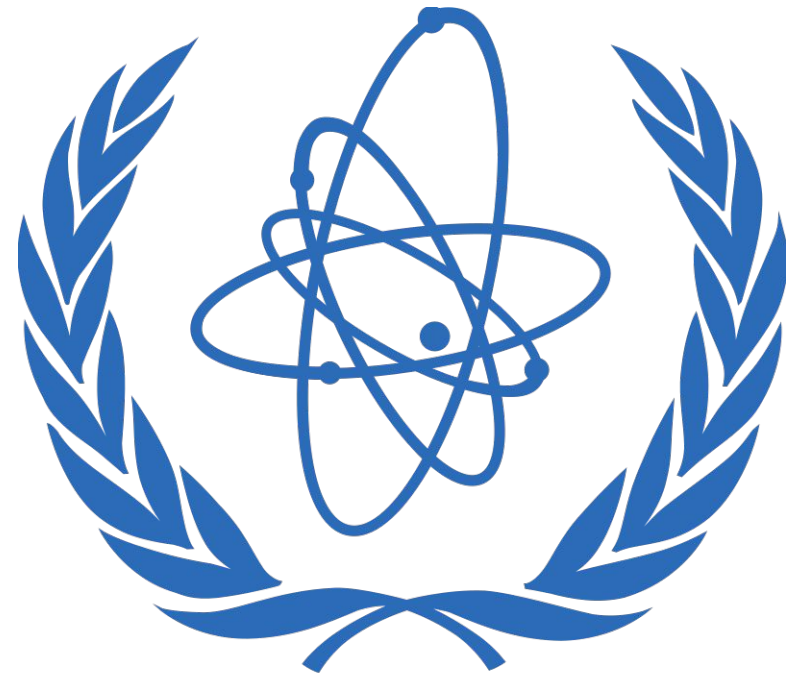




- эксплуатируются АЭС, строятся новые энергоблоки
  - эксплуатируются АЭС, планируется строительство новых энергоблоков
  - эксплуатируются АЭС, строительство новых пока не планируется
  - эксплуатируются АЭС, рассматривается сокращение их количества
- Страны без АЭС:
- станции строятся
  - строительство планируется
  - станций нет и не планируются
  - гражданская ядерная энергетика запрещена законом



Штаб-квартира  
МАГАТЭ, Вена



**IAEA**

# АЭС мира



ALL

OPERATING

OFFLINE

SHU



## Число атомных реакторов, 2021 г.

	Страна	Число реакторов
—	<b>Мир в целом</b>	<b>444</b>
1	США	94
2	Франция	56
3	Китай	50
4	Россия	38
5	<i>Япония</i>	33
6	Южная Корея	24
7	Индия	23
8	Канада	19
9	Украина	15
10	Великобритания	15

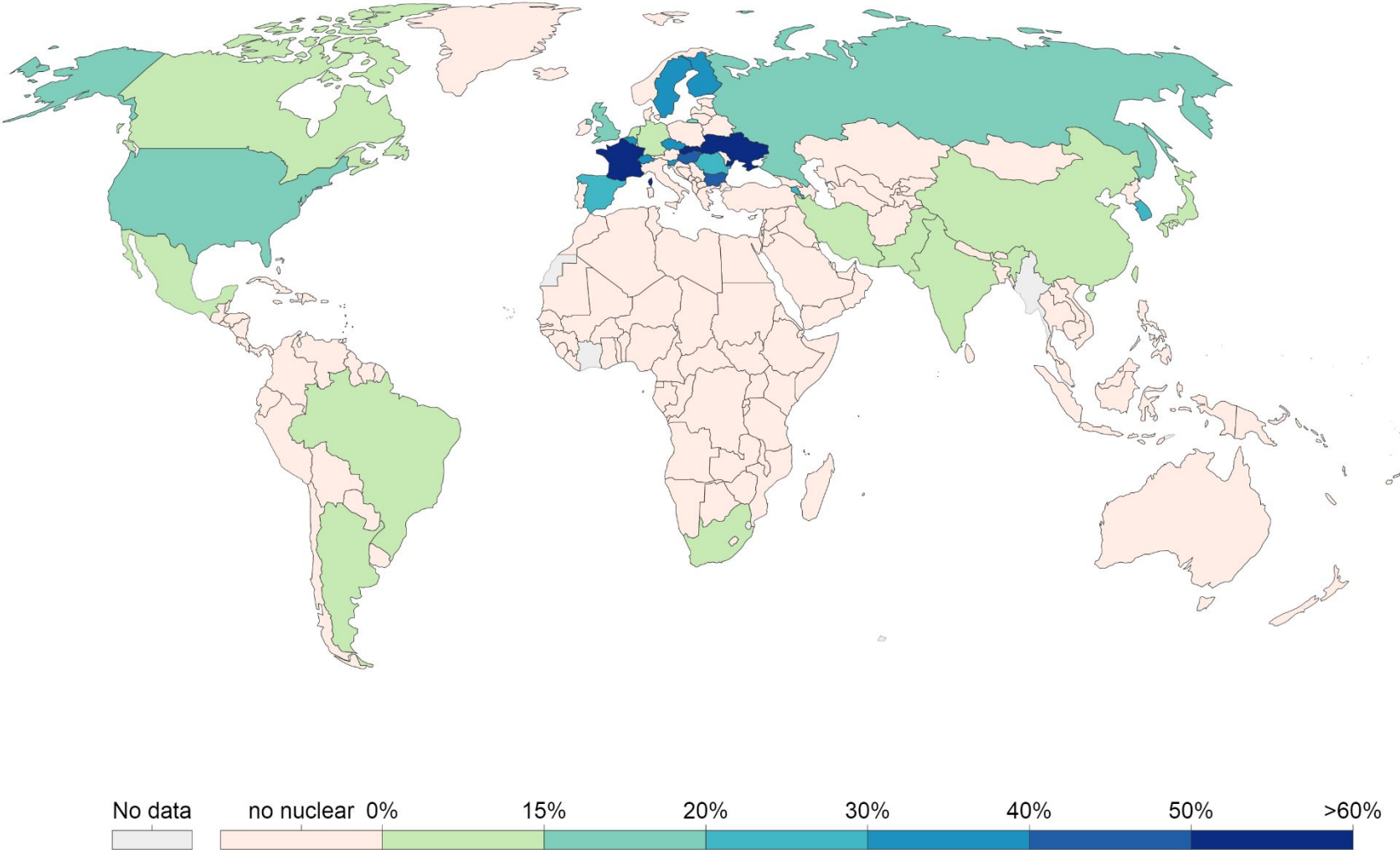
# Производство электроэнергии на АЭС, 2018 г.

Producers	TWh	% of world total
United States	841	31.0
France	413	15.2
People's Rep. of China	295	10.9
Russian Federation	205	7.5
Korea	134	4.9
Canada	101	3.7
Ukraine	84	3.1
Germany	76	2.8
Sweden	69	2.5
United Kingdom	65	2.4
Rest of the world	427	16.0
<b>World</b>	<b>2 710</b>	<b>100.0</b>





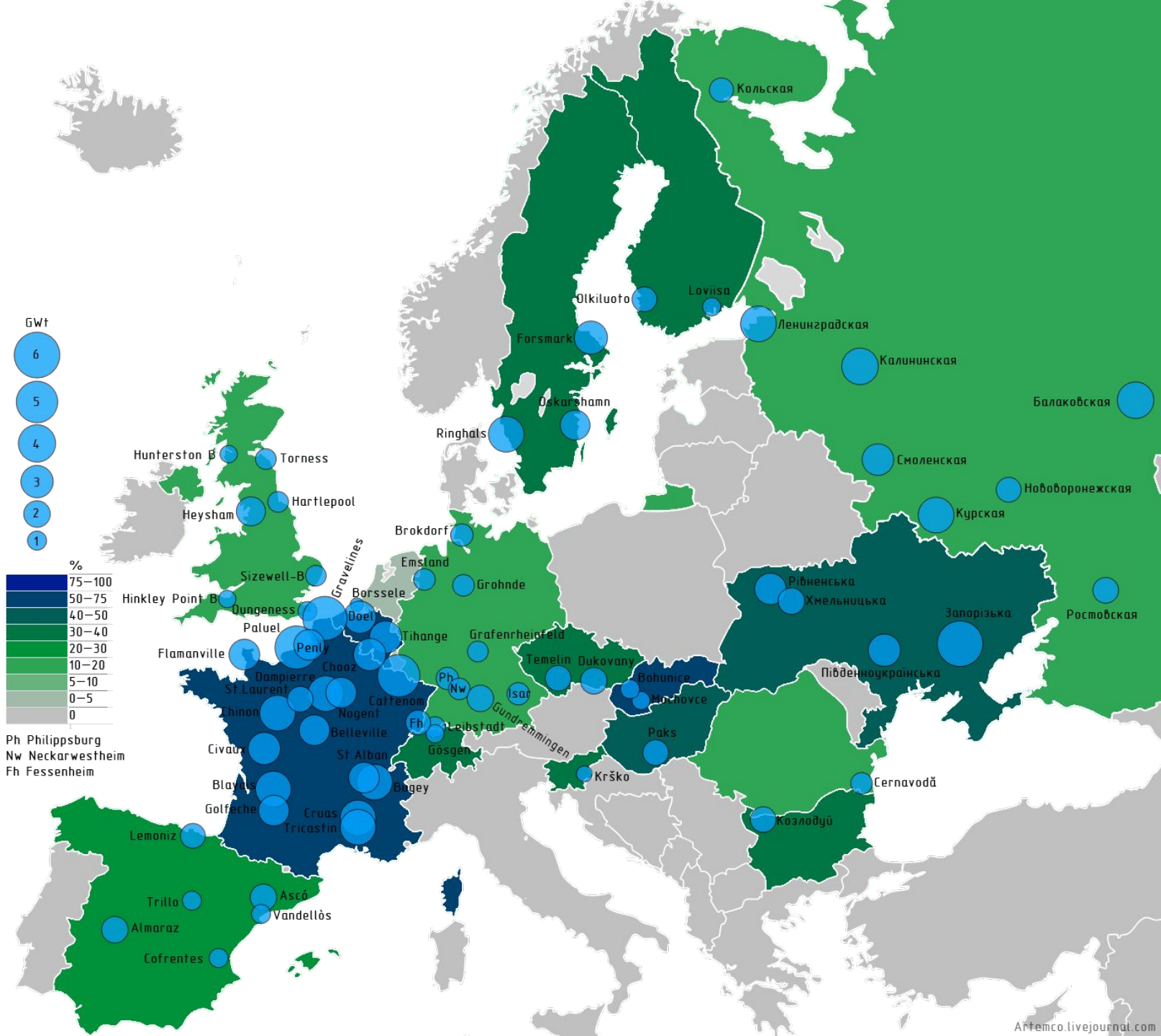
# Share of electricity production from nuclear, 2020



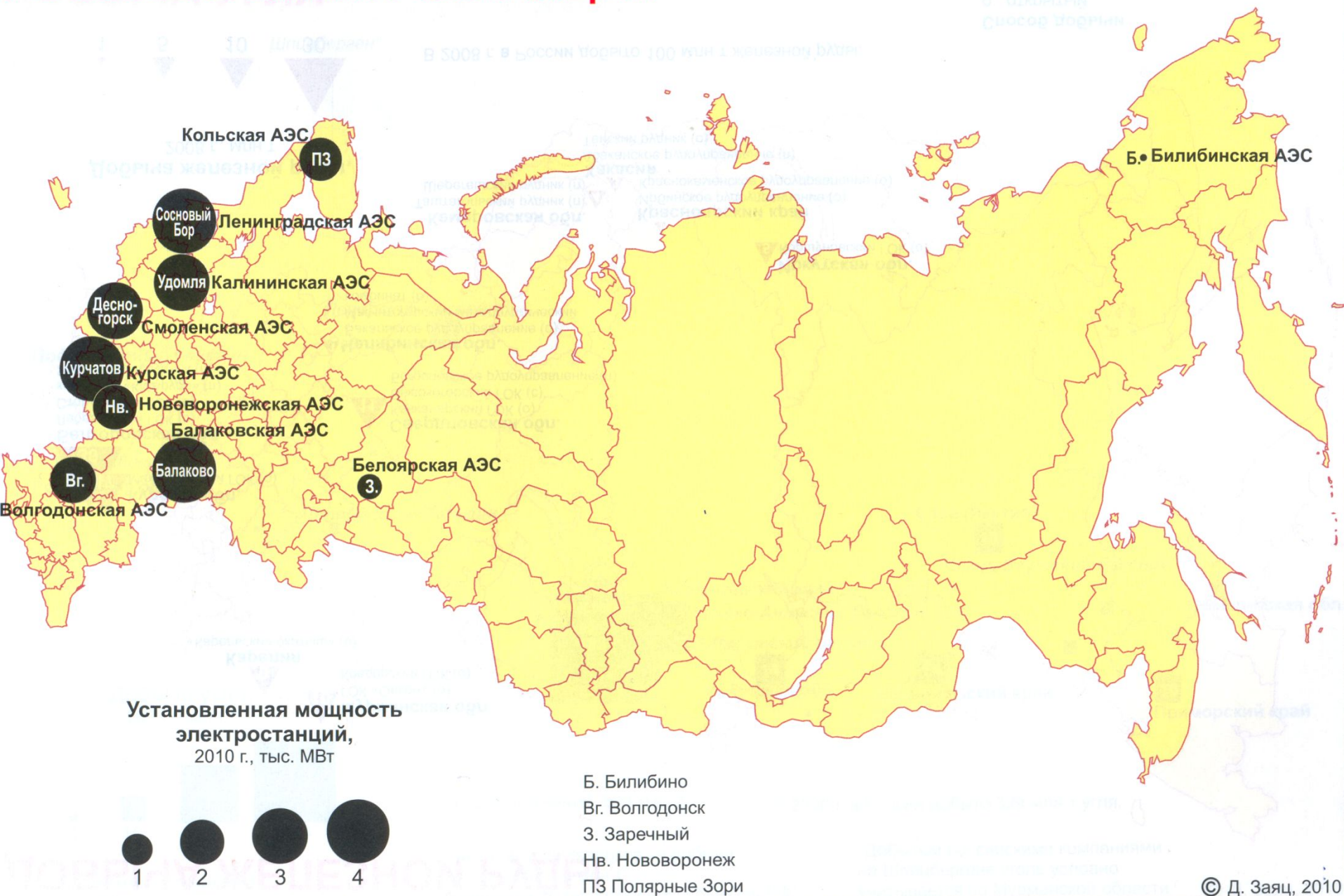
Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

## Доля АЭС в общем производстве электроэнергии (%), 2019 г.

	Страна	%
—	<b>Мир в целом</b>	<b>10</b>
1	Франция	71
2	Словакия	54
3	Украина	54
4	Венгрия	49
5	Бельгия	48
6	Болгария	38
7	Словения	37
8	Чехия	35
9	Финляндия	35
10	Швеция	34



# АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



**Таблица.** Основные характеристики городов АЭС России

Город	Регион	Название АЭС	Год ввода АЭС в эксплуатацию	Год образования города	Год получения статуса города	Численность населения в 2017 г., тыс. чел.	Доля* занятых в электроэнергетике в 2016 г., %
Балаково	Саратовская	Балаковская	1985	1762	1911	191.2	2.6
Волгодонск	Ростовская	Ростовская	2001	1950	1956	171.4	6.3
Сосновый Бор	Ленинградская	Ленинградская	1973	1958	1973	68	14.6
Курчатов	Курская	Курская	1977	1968	1983	38.7	27.7
Нововоронеж	Воронежская	Нововоронежская	1964	1957	1987	31.6	32.4
Заречный	Свердловская	Белоярская	1964	1955	1992	31.2	18.6
Удомля	Тверская	Калининская	1984	1869	1981	28.6	24.8
Десногорск	Смоленская	Смоленская	1982	1974	1989	28.1	36
Полярные Зори	Мурманская	Кольская	1973	1968	1991	14.7	36.3
Билибино	Чукотский АО	Билибинская	1974	1955	1993	5.3	31.2

\* от численности населения в трудоспособном возрасте



# Калининская АЭС (Тверская обл.)



# Ростовская АЭС (г. Волгодонск)

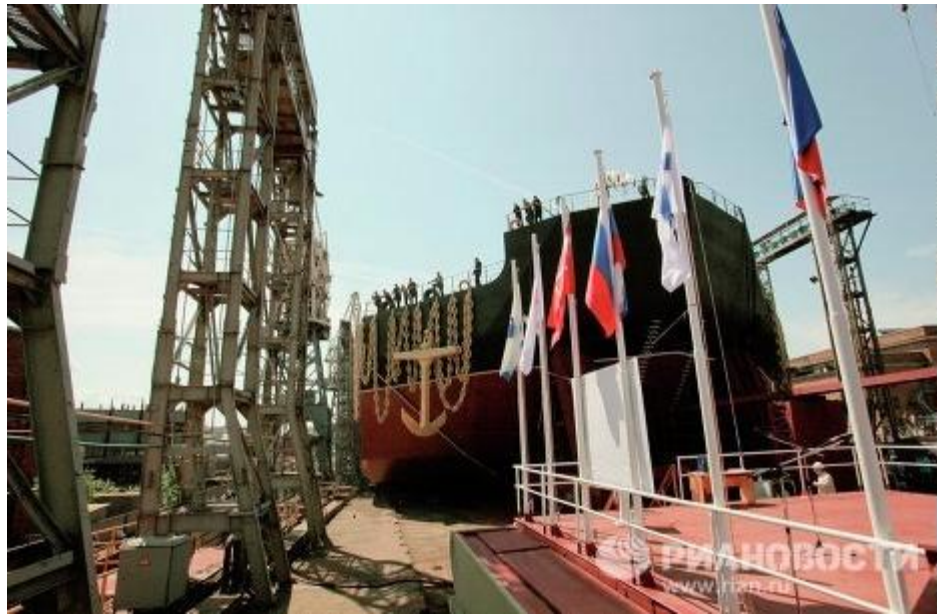




# Ленинградская АЭС (г. Сосновый Бор)



# ПАТЭС «Академик Ломоносов»







# Альтернативные источники энергии



# Ветровые электростанции (ВЭС)

## Преимущества:

- общедоступность и неисчерпаемость источника

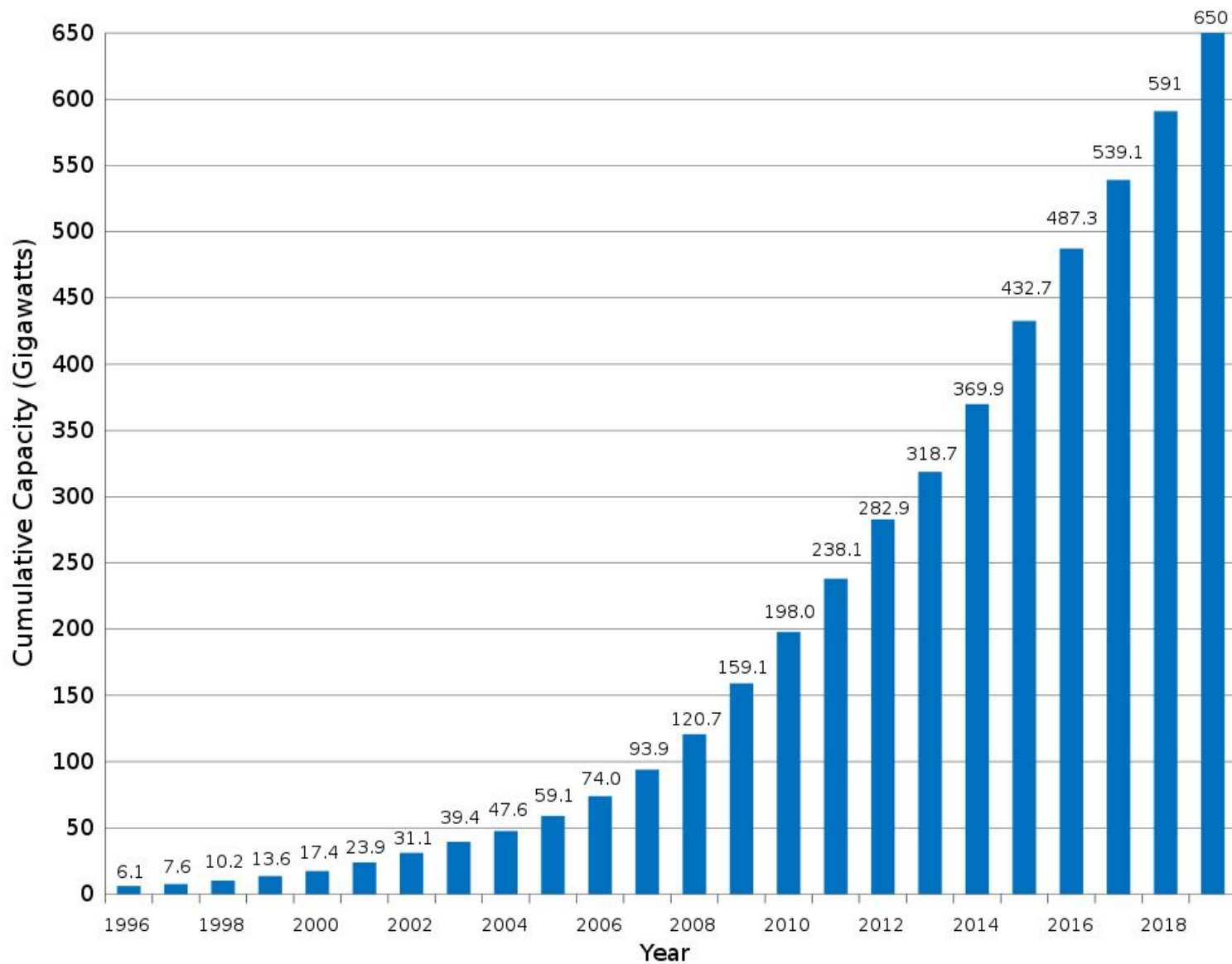
## Недостатки:

- шум
- ПТИЦЫ



# Установленная мощность ВЭС (ГВт)

Global Wind Power Cumulative Capacity (Data: GWEC)



# Производство электроэнергии на ВЭС, 2018 г.

Producers	TWh	% of world total
People's Rep. of China	366	28.7
United States	276	21.7
Germany	110	8.6
India	64	5.0
United Kingdom	57	4.5
Spain	51	4.0
Brazil	48	3.8
Canada	33	2.6
France	29	2.2
Turkey	20	1.6
Rest of the world	220	17.3
<b>World</b>	<b>1 273</b>	<b>100.0</b>

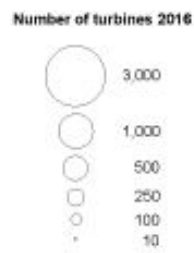
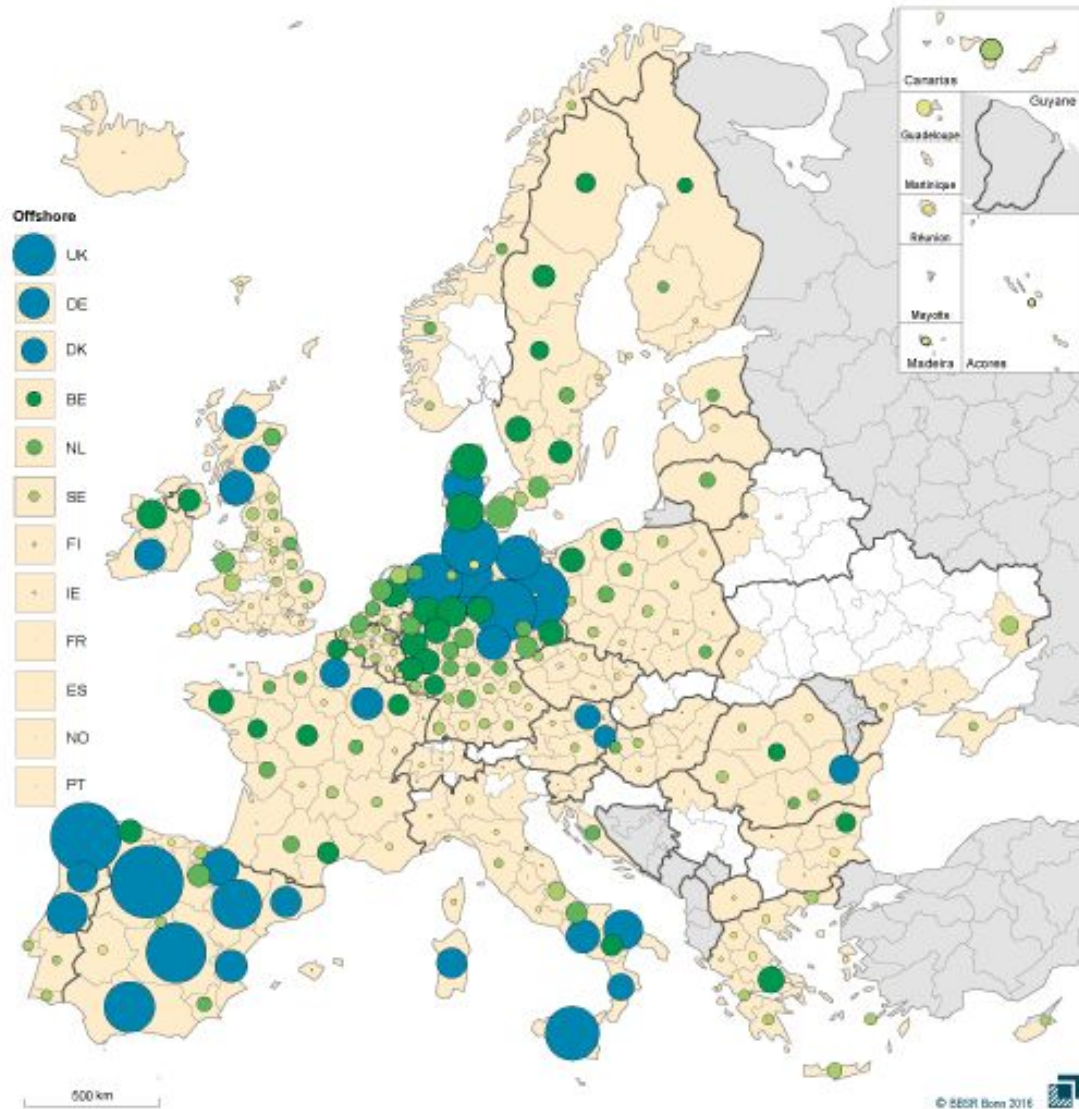






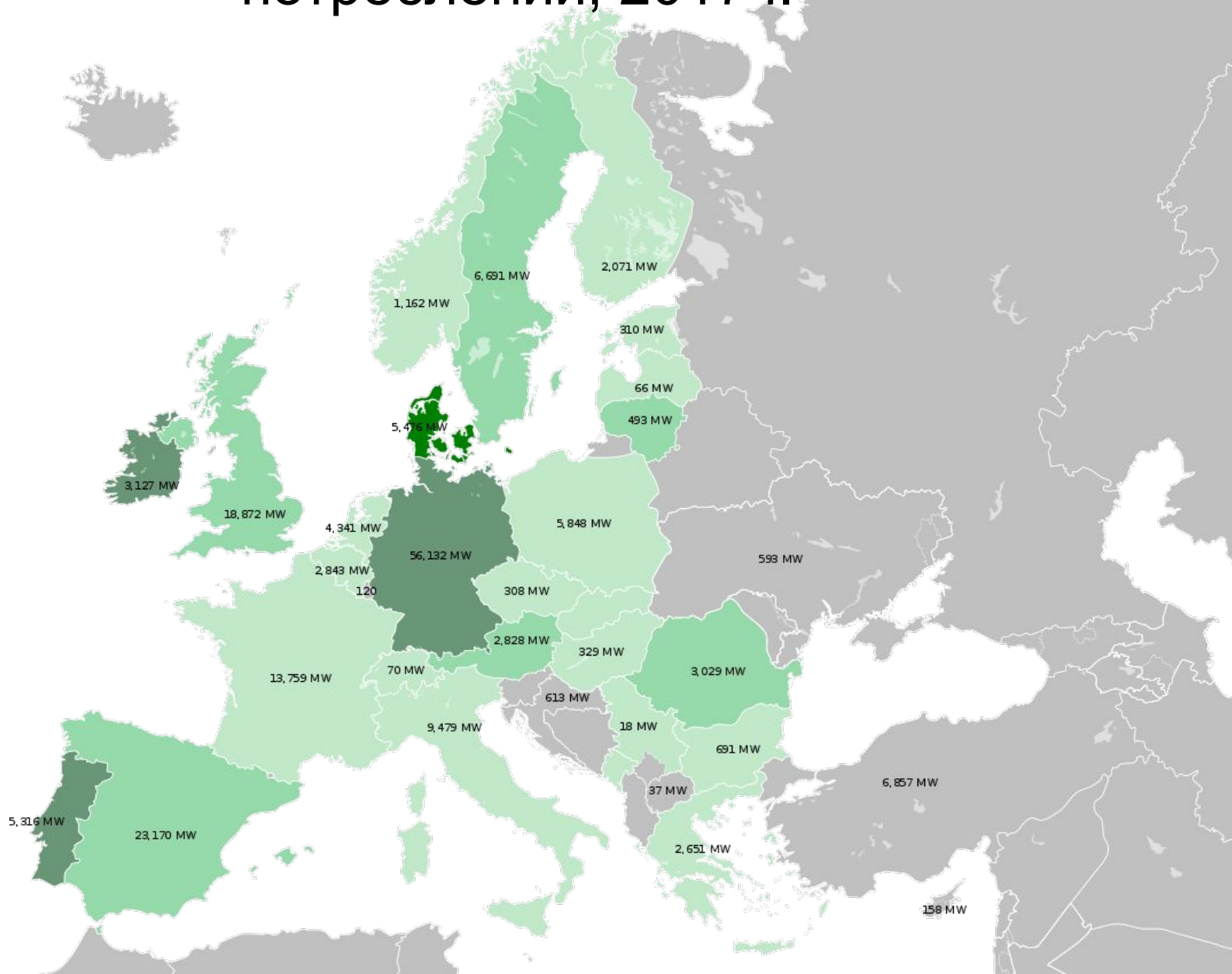
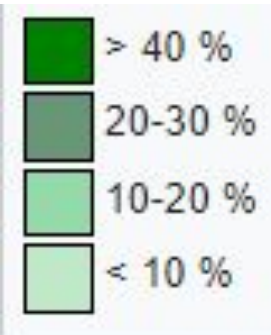
## Доля ВЭС в общем производстве электроэнергии (%), 2018 г.

	Страна	%
—	<b>Мир в целом</b>	<b>5</b>
1	Дания	47
2	Литва	45
3	Уругвай	33
4	Ирландия	29
5	Португалия	22
6	Испания	19
7	Великобритания	18
8	Никарагуа	18
9	Германия	18
10	Кабо-Верде	16



Database: Spatial Monitoring System for Europe.  
 Source: The Windpower Database; additional information and georeferences by the ESRF.  
 Geometric basis: GIK GeoMarketing, NUTS 2 regions.  
 Authors: R. Binot and M. Kolmann

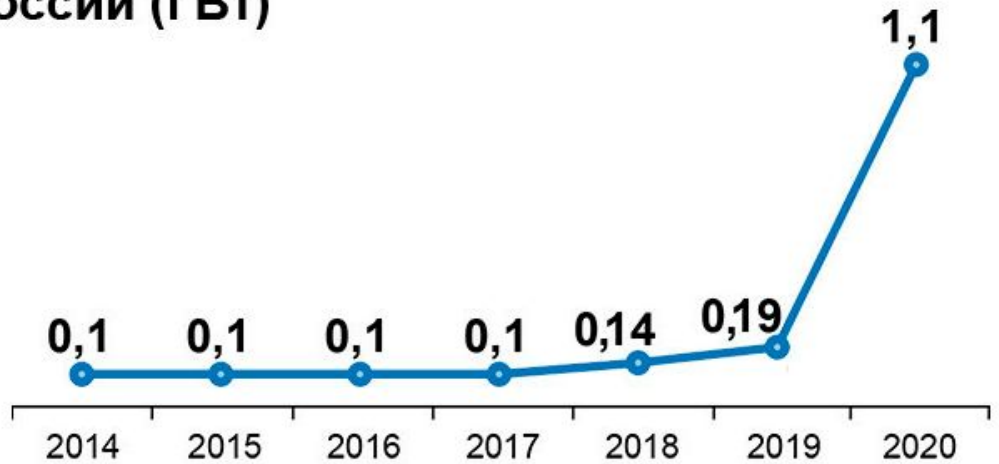
# Объём производства и доля ветроэнергетики в потреблении, 2017 г.



# Мощность ветряных электростанций по регионам РФ (МВт)

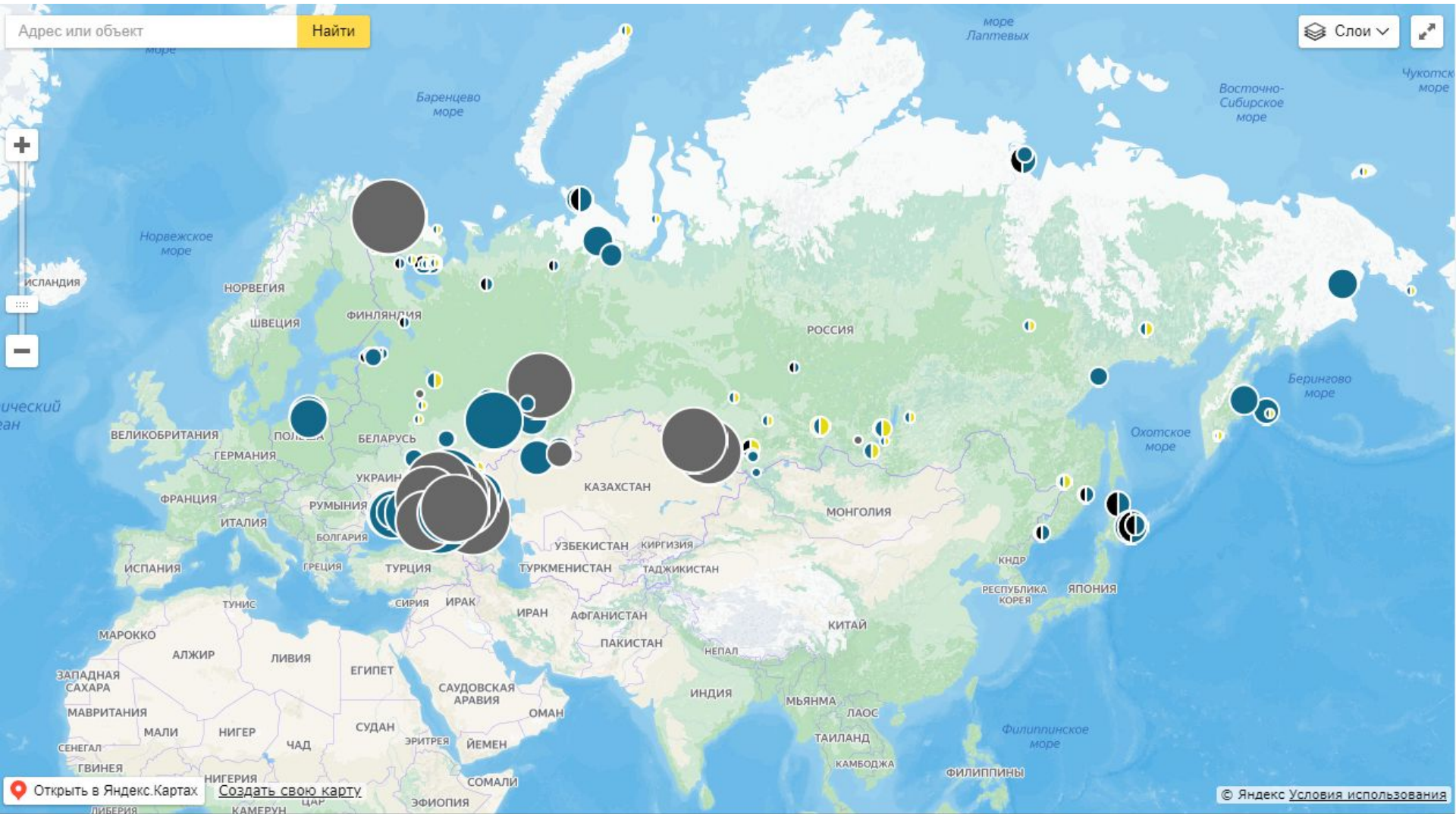


## Динамика мощности ветроэлектростанций в России (ГВт)



<https://sdelanounas.ru/blogs/139679/>

<https://gisre.ru/maps/maps-obj/wind>



# Кочубеевская ВЭС – крупнейшая ВЭС России (Ставропольский край)



# Солнечные электростанции (СЭС)

## Преимущества:

- общедоступность и неисчерпаемость источника
- теоретически, полная безопасность для окружающей среды

## Недостатки:

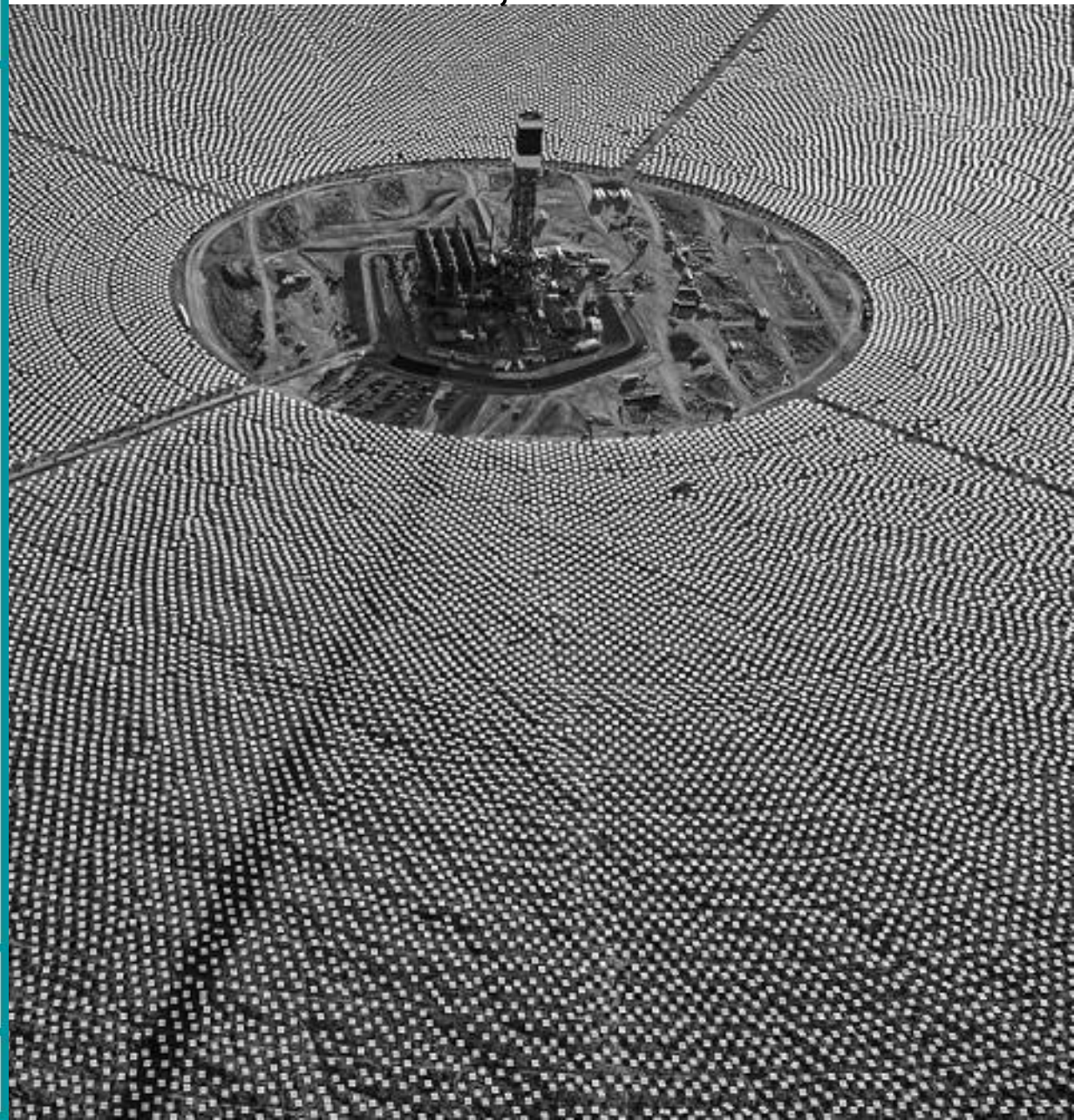
- требуется использование больших площадей земли под электростанции
- солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно работает в утренних и вечерних сумерках
- мощность электростанции может резко и неожиданно колебаться из-за смены погоды
- *дороговизна солнечных фотоэлементов*
- поверхность фотопанелей нужно очищать от пыли и других загрязнений
- фотоэлементы содержат ядовитые вещества (проблема переработки)





# Производство электроэнергии на СЭС, 2018 г.

Producers	TWh	% of world total
People's Rep. of China	177	31.9
United States	81	14.7
Japan	63	11.3
Germany	46	8.3
India	40	7.2
Italy	23	4.1
United Kingdom	13	2.3
France	11	1.9
Australia	10	1.8
Korea	9	1.7
Rest of the world	81	14.8
<b>World</b>	<b>554</b>	<b>100.0</b>

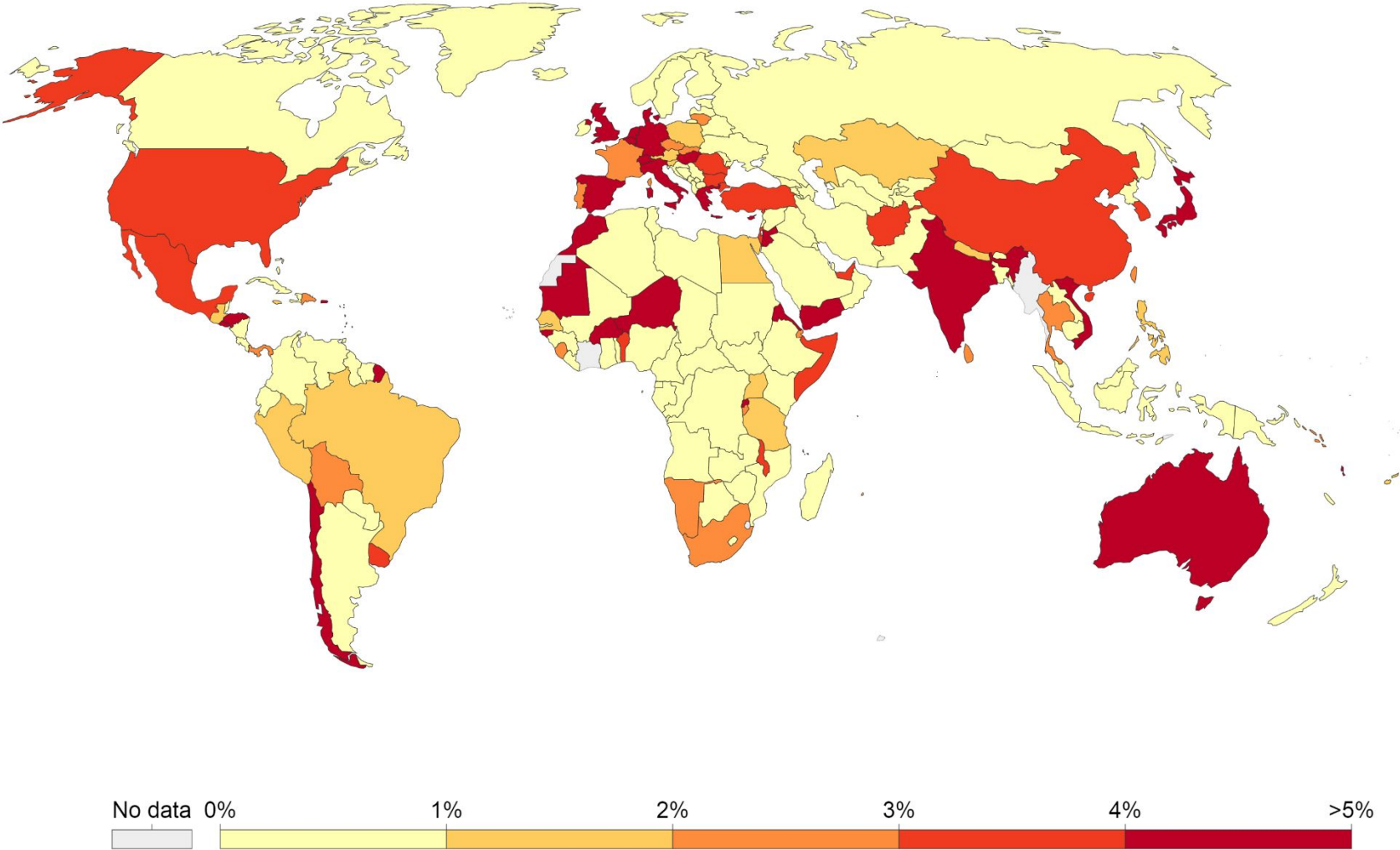








# Share of electricity production from solar, 2020



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

## Доля СЭС в общем производстве электроэнергии (%), 2018 г.

	Страна	%
—	<b>Мир в целом</b>	<b>2</b>
1	Кирибати	16
2	Мавритания	15
3	Йемен	13
4	Гондурас	11
5	Мальта	10
6	Эритрея	9
7	Италия	8
8	Вануату	8
9	Греция	8
10	Германия	8





<https://gisre.ru/maps/maps-obj/ses>



# СЭС Перово (Республика Крым)



# Несьявеллир ГеоТЭС, Исландия



## Доля ГеоТЭС в общем производстве электроэнергии (%), 2018 г.

	Страна	%
—	<b>Мир в целом</b>	<b>0,3</b>
1	Кения	46
2	Сальвадор	30
3	Исландия	30
4	Никарагуа	18
5	Новая Зеландия	17
6	Филиппины	11
7	Коста-Рика	9
8	Индонезия	5
9	Гондурас	3
10	Турция	2

# Мутновская ГеоЭС (Камчатский край)



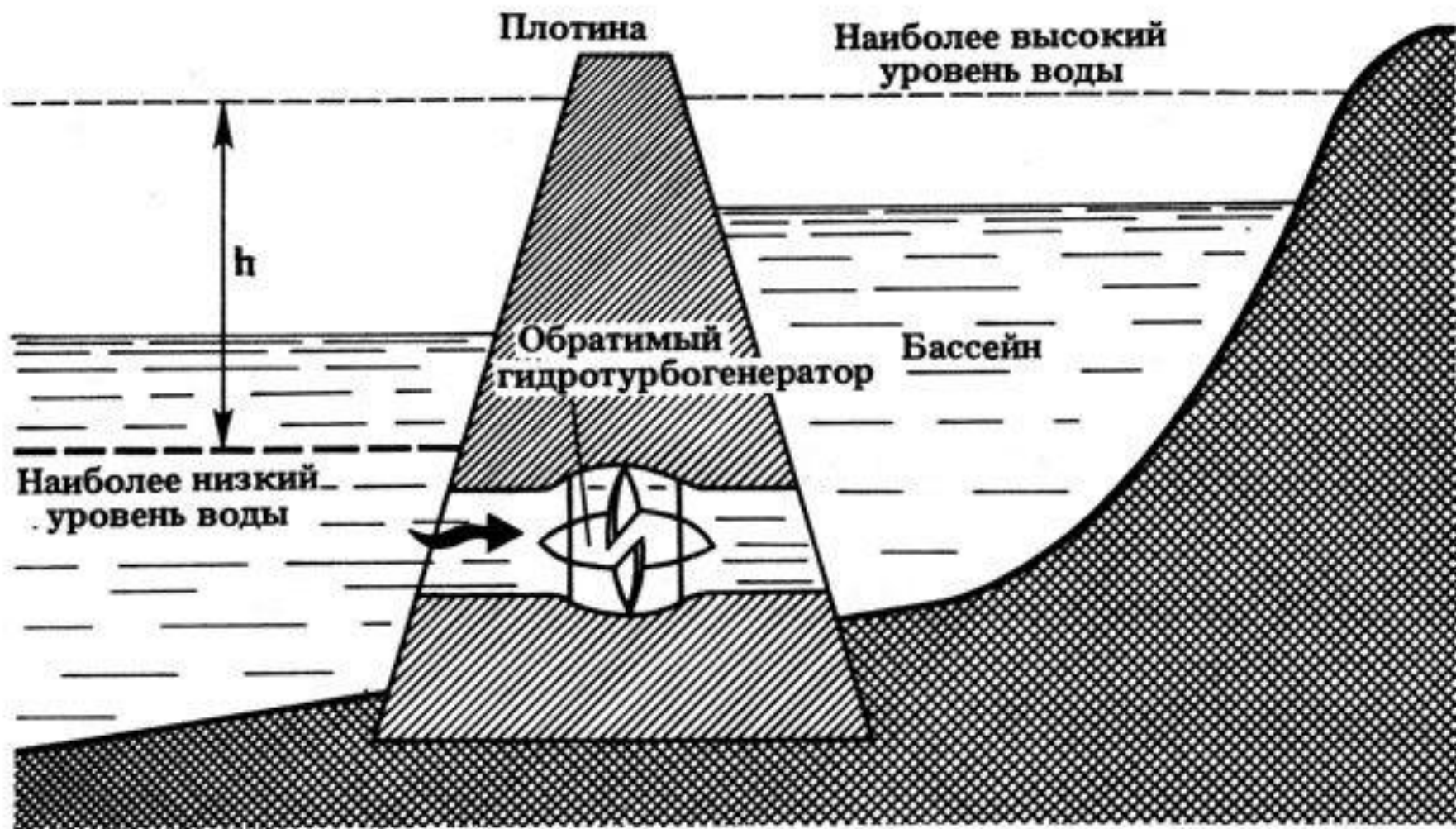
# Приливные электростанции

## Преимущества:

- экологичность
- низкая себестоимость производства энергии

## Недостатки:

- высокая стоимость строительства
- изменяющаяся в течение суток мощность



# Сихвинская ПЭС (Южная Корея) – крупнейшая в мире





# ПЭС «Ля Ранс», Франция





# Кислогубская ПЭС (Мурманская обл.)

