A historical black and white photograph of an industrial complex. In the foreground, a wooden walkway leads across a field towards a large, multi-story building with arched windows. Two tall, dark chimneys rise in the background. Several people are visible in the field, some standing and some sitting on a bench. The sky is clear and light.

# Развитие электроэнергетики России во второй половине XIX – начале XX века

**Ученый совет ИСЭМ СО РАН к Дню энергетика**

**21 декабря 2019 г.**

**к.т.н. А.В. Михеев**

# История электричества

1800 – А. Вольта (Италия), химический источник тока

1821 – М. Фарадей (Англия), принцип электромагнитной индукции

1832 – И. Пикси (Франция), генератор переменного тока

1833 – У. Стерджен (Англия), генератор постоянного тока

1839 – Б. Якоби (Россия), первое практическое применение электродвигателя (1 л.с., лодка с 14 пасс. на Неве против течения)

1856 – В. Сименс (Германия), генератор с Т-образным якорем

1873 – И. Фонтен (Франция), передача электроэнергии на 1 км

1881 – К. Циперновский, М. Дери, О. Блати (Венгрия), первый технический трансформатор

1882 – Т. Эдисон (США), первая центральная электростанция общего пользования

1891 – М. Доливо-Добровольский (Россия), трехфазный асинхронный двигатель

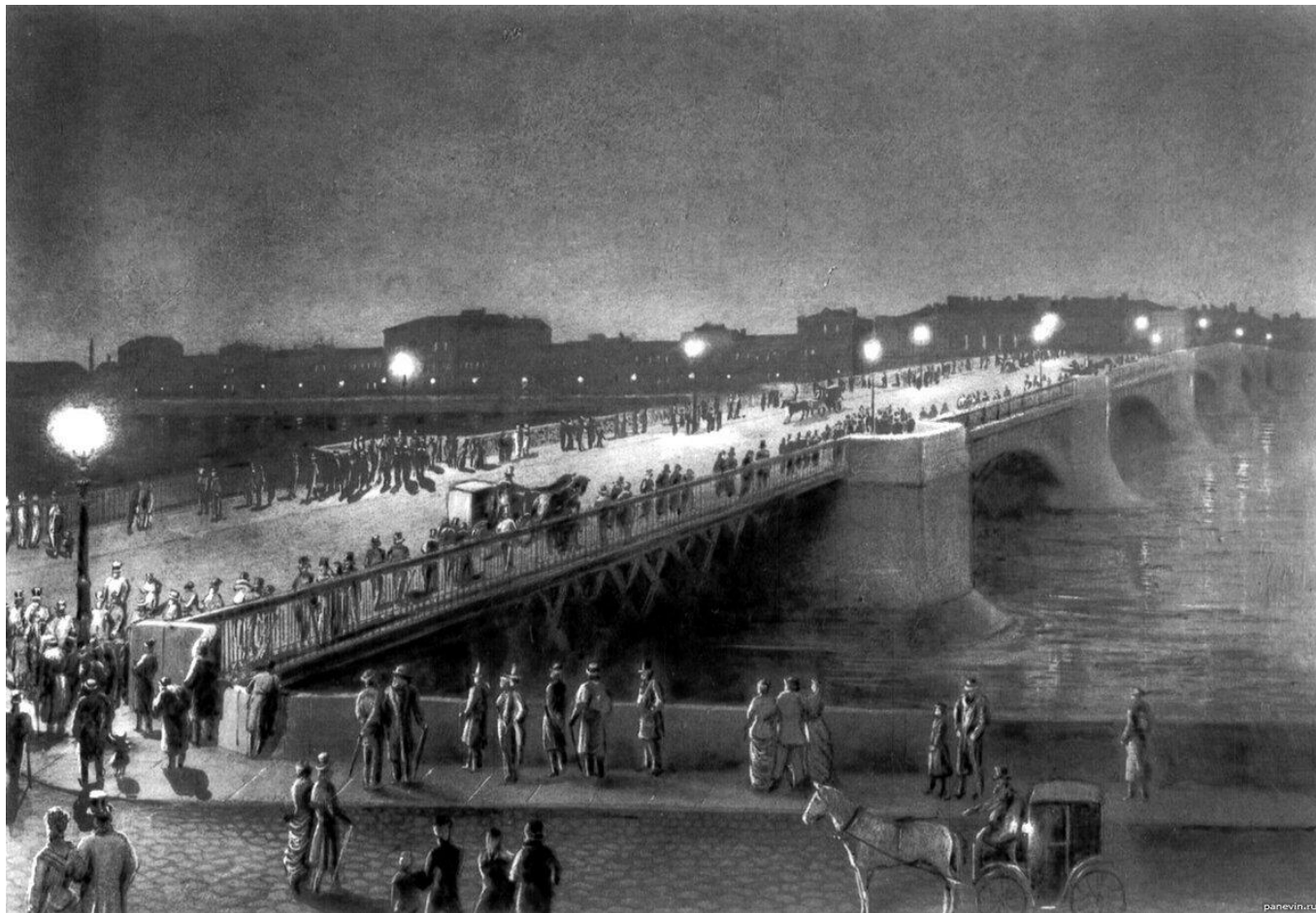
# Электрификация России: основные периоды

- **1870 - 1900 – становление: эпоха света**
- **1900 – 1907 – укрепление: электрификация транспорта**
- **1908 – 1916 – бурный рост: электричество для промышленности**
- **1917 – 1920 – топливно-энергетический кризис**
- **1920 – 1928 - ГОЭЛРО**

# Электрификация России: начало

**30 сентября 1879 года** - открытие Литейного моста в Санкт-Петербурге

Первый в мире мост, освещенный при помощи электричества



# Электрификация России: начало

1872 год - в Москве был открыт кабельный завод "Товарищество для эксплуатации электричества М. М. Подобедов и К°" (работает по сей день и называется "МОСКАБЕЛЬ«)



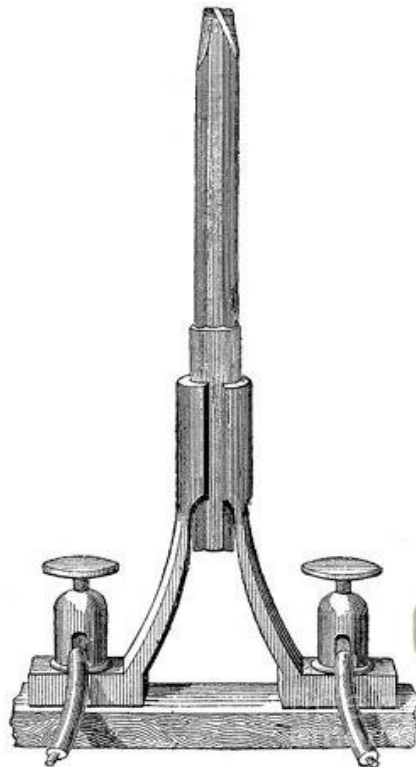
Вид на завод



Укладка кабеля на улицах Москвы

## Электрификация России: «свеча Яблочкова»

**1879 г.** – изобретатель-электротехник Павел Николаевич Яблочков учредил «Товарищество электрического П.Н. Яблочков-изобретатель и К» и открыл электротехнический завод «Свеча Яблочкова» - дуговая лампа без регулятора с двумя угольными электродами, стоила 20 копеек и горела до получаса



# Электрификация России: дуговая электролампа

**1880 г.** – изобретатель-электротехник Владимир Николаевич Чиколев основал товарищество «Электротехник» на основе патента на производство и распространение дуговой электролампы (изобретение описано во французском журнале «La Lumiere Electrique» в том же году)

**1881** – по проекту В.Н. Чиколева построена городская станция для освещения храма Христа Спасителя, считается «родоначальницей всего электрического освещения в Москве»



# А. П. Боголюбов. Иллюминация Кремля по случаю коронации Александра III в 1883 г.

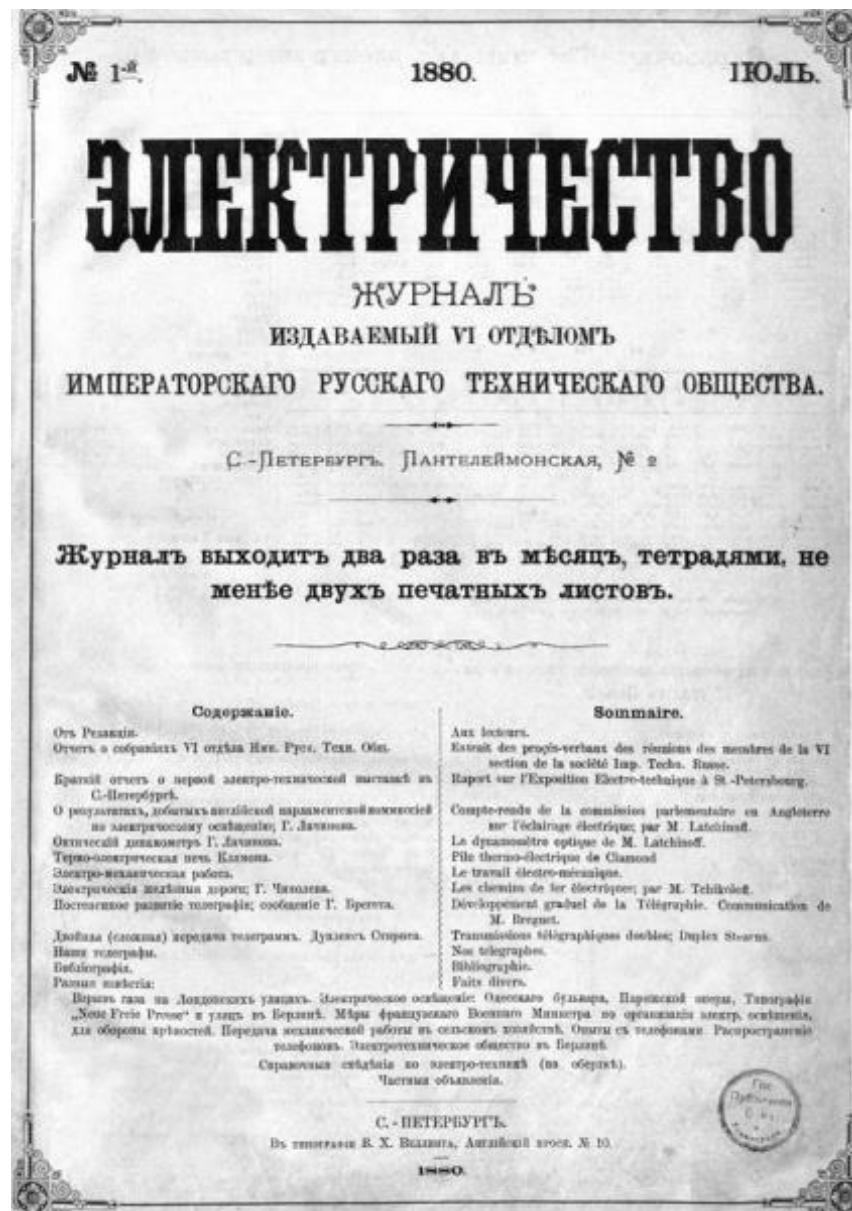




# Электрификация России: общество

30 января 1880 г. - основан электротехнический отдел Русского технического общества, призванный курировать проблемы электрификации России

В июле 1880 г. вышел первый номер журнала «Электричество» - одного из первых электротехнических журналов в мире.

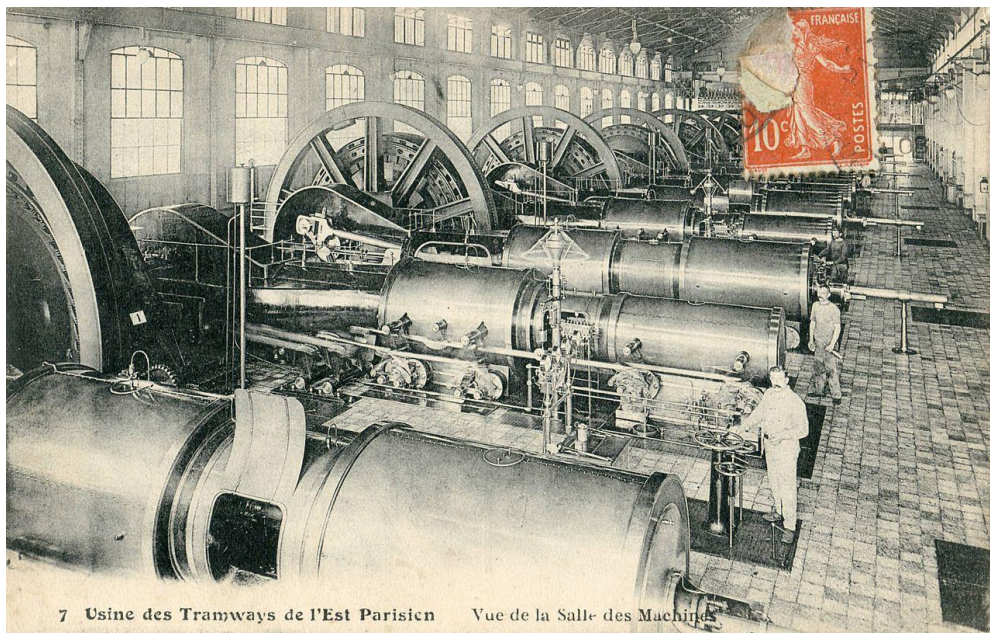


# Электрификация России: свет vs. газ

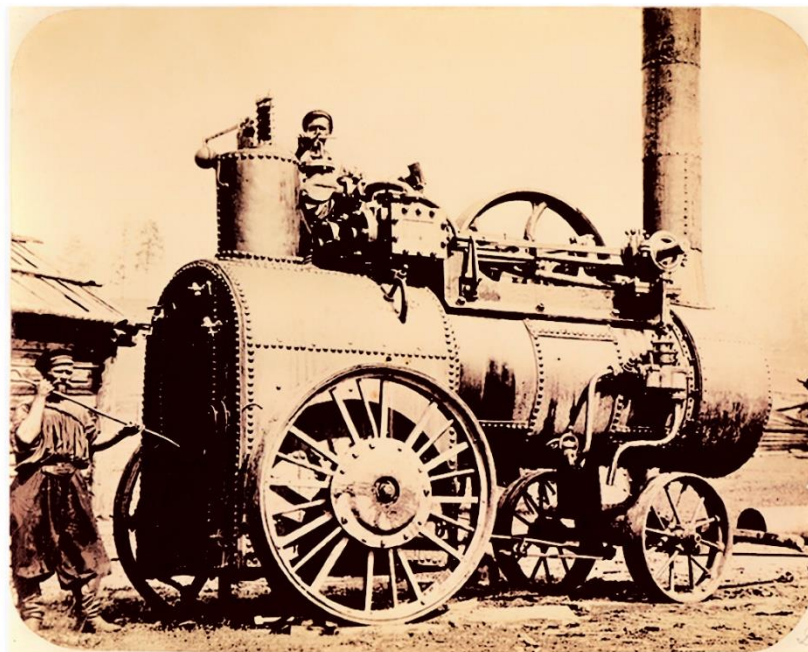
**В 1884 году** – фирма К.Ф. Сименса построила на барже на р. Мойке ЦЭС общего пользования 35 кВт по причинам:

- земля стоила дорого от 225 до 350 руб. за 1 кв. сажень
- противодействие конкурентов в лице газовых компаний

**В 1885 году** по проекту В.Н. Чиколева (!) – ей же построена первая стационарная электростанция – два паровых локомотива и три динамо-машины (генераторы пост. тока)



7 Usine des Tramways de l'Est Parisien Vue de la Salle des Machines



# Электрификация России: энергокомпании

**1886 год** - по инициативе братьев Сименс в Санкт-Петербурге учреждено акционерное "Общество Электрического Освещения 1886"



Карл Генрих фон Сименс,  
1829 - 1904

- устав утвержден 4 июля 1886 года высочайшим Указом императора Александра III
- первая энергетическая компания полного цикла
- сыграло огромную роль в начальной электрификации России, хотя в начальные годы работало без прибыли и даже убыточным
- после революции 1917 года национализированные мощности объединены в единую энергосистему
- К.Г. Сименс за службу России Николаем II в 1895 году возведён в дворянство

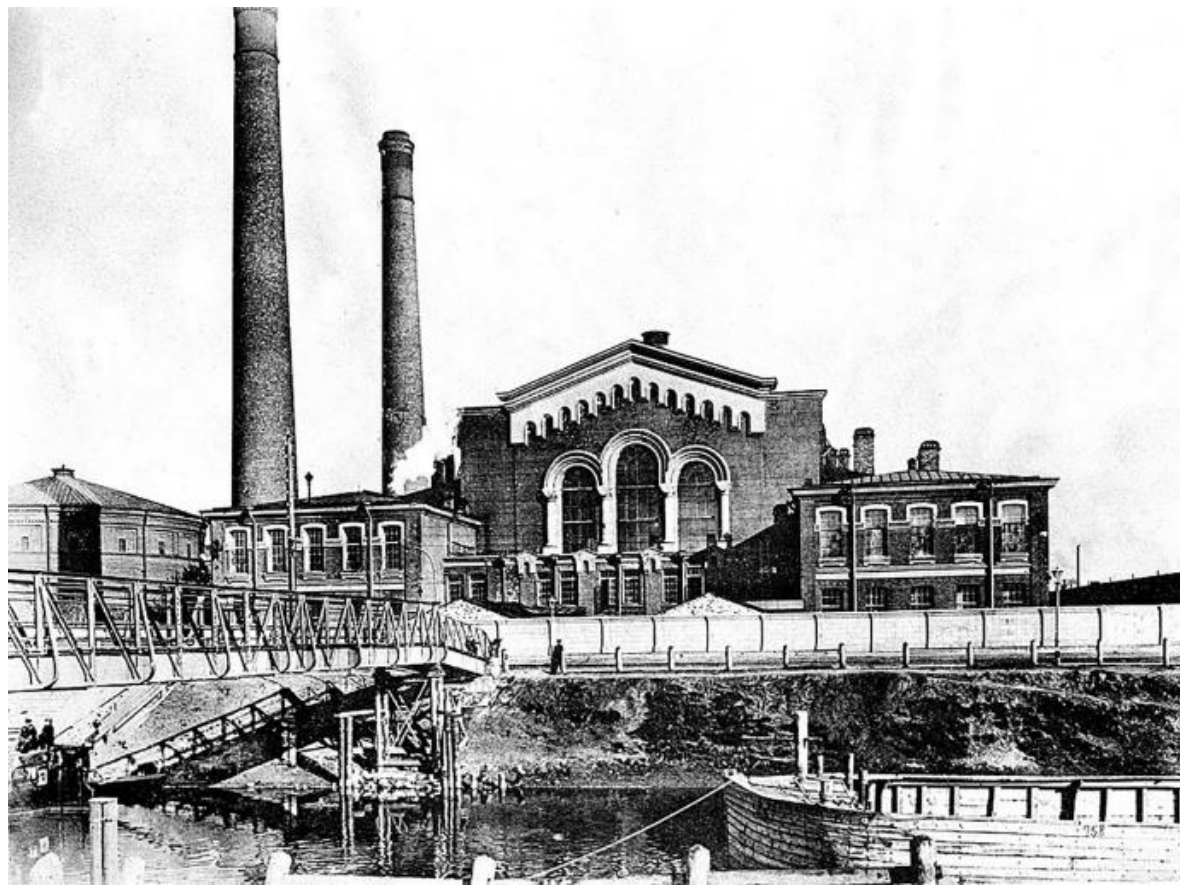


# Электрификация России: Санкт-Петербург

На 1900 год:

- электрифицированы 14% домовладений (1375 из 9635)
- квартирное освещение только 5% домов
- освещение дворов 11%
- лестниц 12%

В 1914 году -  
каждая вторая  
квартира.



# Электрификация России: крупные станции Москвы

**1888 г.** — начала работу Георгиевская электростанция от «ОЭО 1886» — первая центральная электростанция Москвы. (нач. мощность 10 кВт, на привозном топливе, давала свет зданиям в радиусе 1,5 км)



# Электрификация России в XIX в.

- массовые потребители - источники света
- электростанции в основном вырабатывали постоянный ток, мощность до 500 кВт
- распределенная генерация
- малый КИУМ 10% для мелких станций и до 60% на крупных городских

Станции строились не только в крупных городах центральной России, но даже в Сибири, как правило, в домах богатых купцов также для нужд освещения.

В Санкт-Петербурге к 1894 году уже было 200 электростанций, самая мощная 327,5 кВт (по проекту инженера В.Л. Пашкова) работала на освещение Зимнего дворца.

# Электрификация России: транспорт

**13 июня 1892 год** - начинается эксплуатация электрического трамвая в Киеве по проекту А.Е. Струве (впервые в Российской империи, в мире первый трамвай в 1879)

Первоначально трамвай назывался «городская железная дорога» (в Москве «электричка»)



# Электрификация России: «трамвайзация»

## Трамваи в Киеве

**1900 год** – длина трамвайных путей в Киеве 50 км

**1916 год** – длина путей 160 км, 21 маршрут, 200 вагонов, перевезено более 108 млн. пассажиров

**На 1917 год в России** было 36 трамвайных предприятий в 35 городах, принадлежность 75% частные и 25% городские власти

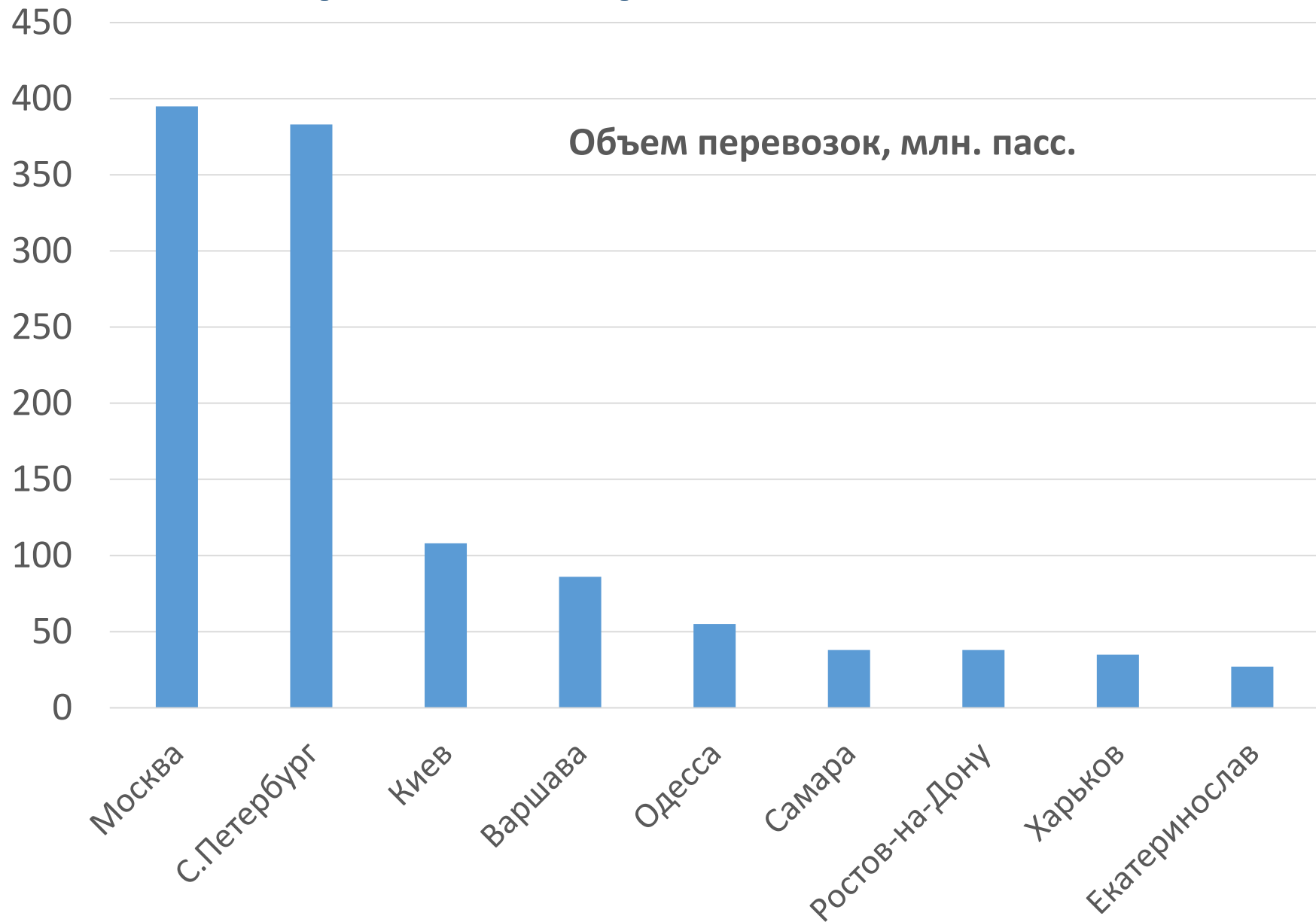
## Минусы:

- система постоянного тока
- потери 15-30%
- планирование сети

Город	Год запуска
Казань	1894
Нижний Новгород	1896
Екатеринослав (Днепропетровск) Елисаветград (Кировоград)	1897
Витебск	1898
Москва Севастополь	1899
Астрахань	1900
Харьков	1906
Санкт-Петербург	1907
Варшава, Саратов	1908
Одесса	1910
Владивосток	1912
Воронеж	1914
Архангельск	1916



# Объем перевозок трамваями в 1916 г.



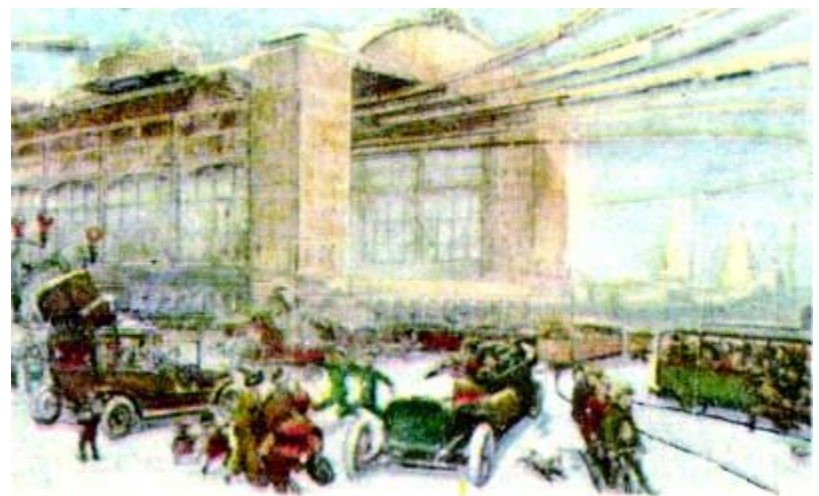
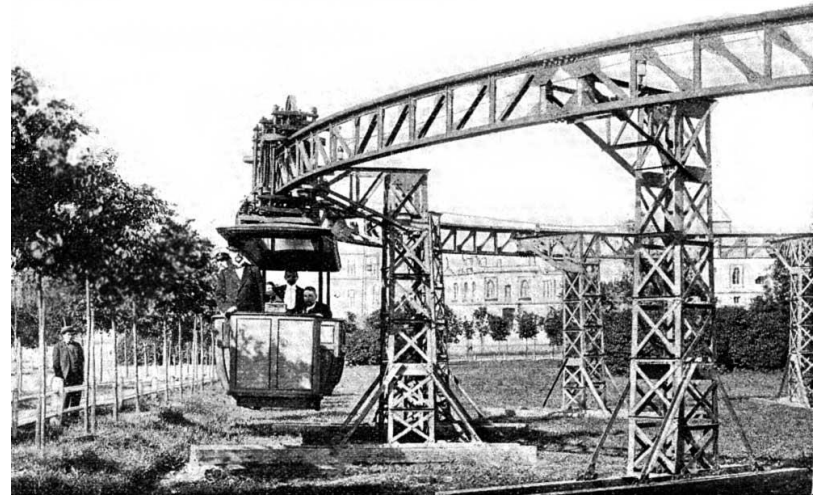
# Проекты и мегапроекты

**1893 год** – гражданский инженер П.И. Балинский разработал «Проект по учреждению Общества для постройки метрополитена столицы», стоимость 190 млн. руб., протяженность линий 172 км.

**1902 год** – он же совместно с инженером Е.К. Кнорре и художником Н.Н. Каразиным представил проект меторополитена в Москве, 155 млн. руб., (отклонен, принят в 1912 г., но не реализован)

**1901 год** – первая в России электрифицированная железная дорога: г. Лодзь – пригороды

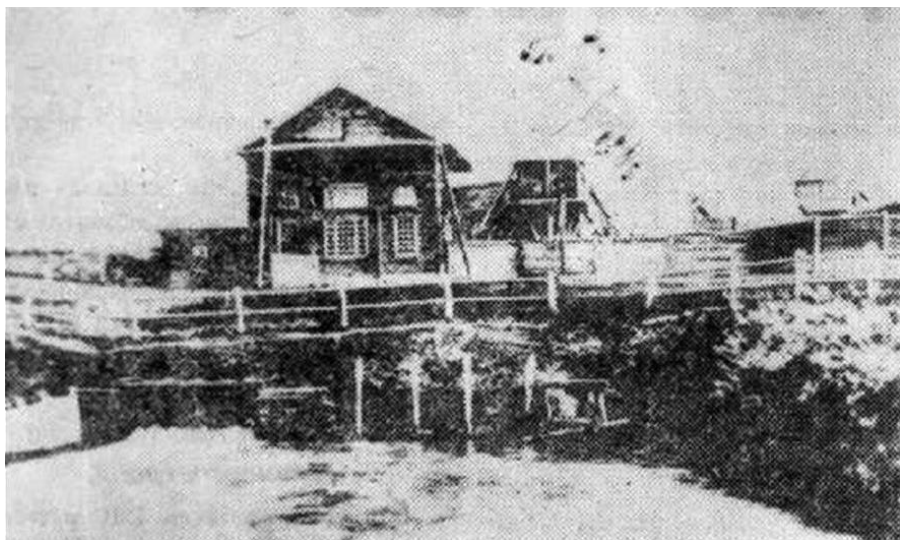
**1900 год** – инженер И.В. Романов разработал проект электрической монорельсовой дороги С.Петербург - Москва, рассчитанный на скорость 200 км/ч (!), МПС проект одобрило, но не финансировало



# Электрификация России: первые ГЭС

**1887 год** – Садонская ГЭС на обогатительной фабрике в Сев. Осетии

**1892 год** – Зырянская ГЭС 150 кВт на р. Березовка в Рудном Алтае



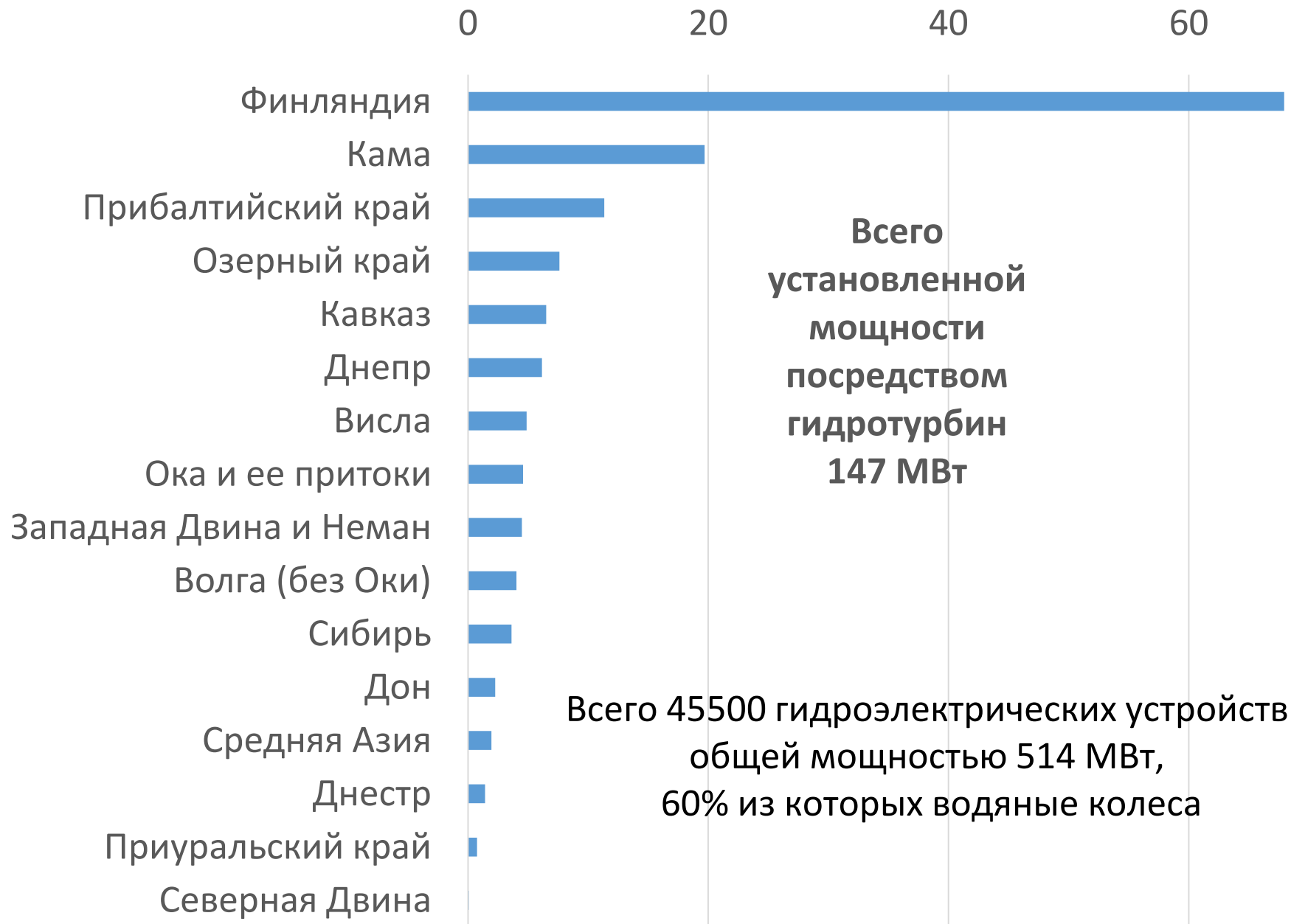
# Электрификация России: первые ГЭС

**1895** – ГЭС на реке Большая Охта в Петербурге, 300 кВт, проект и строительство В.Н.Чиколев и Р.Э. Классон для электроснабжения Охтинского порохового завода в Петербурге

два генератора мощностью 120 и 175 кВт, система трехфазного тока с высоким напряжением в 2 кВ, длина передачи 2,66 км

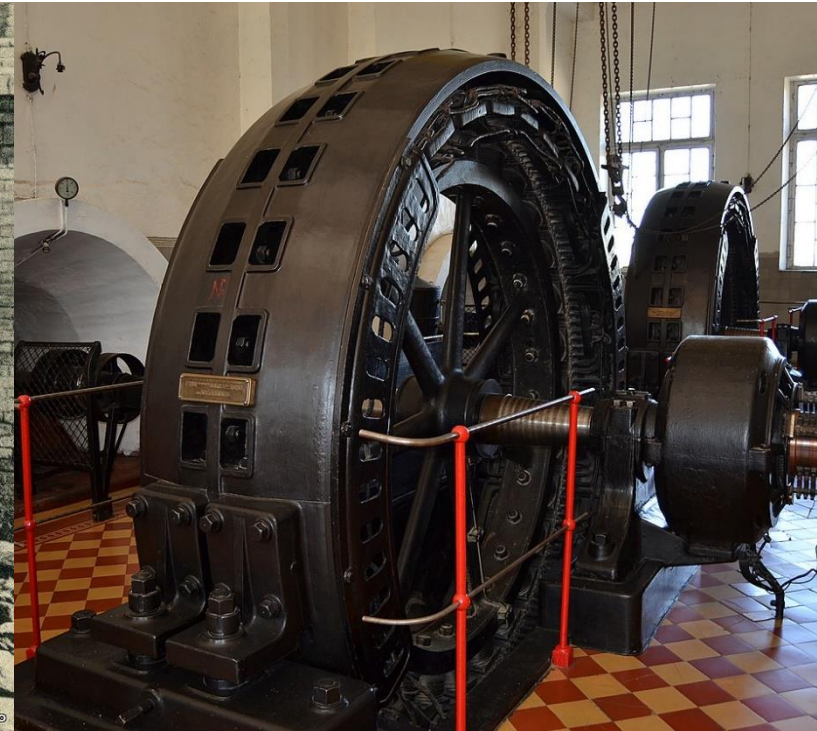


# Перепись водных сил России по анкете 1912/1913 гг.



# Электрификация России: Гиндукушская ГЭС

**1909** – самая крупная ГЭС России для электроснабжения масложитного, хлопкоочистительного, мыловаренного производств, три гидротурбины австро-венгерского производства, работает до сих пор



# Электрификация России: ГЭС

Общие выводы:

1. Природно-климатические условия России и удаленность центров потребления при том уровне развития техники и производительных сил в начале XIX века не позволяли использовать водную энергию в тех же масштабах, что и в других странах.
2. Использование множества мелких ГЭС в основном для нужд горнозаводского производства и индивидуальных хозяйств.
3. Нехватка инвестиций и конкуренция других компаний тормозила создание крупных ГЭС, хотя проекты были, в том числе и при поддержке государства например, проектно-изыскательские работы по Волховской ГЭС выполнены в 1910-1913 годах

# Виды электростанций в России

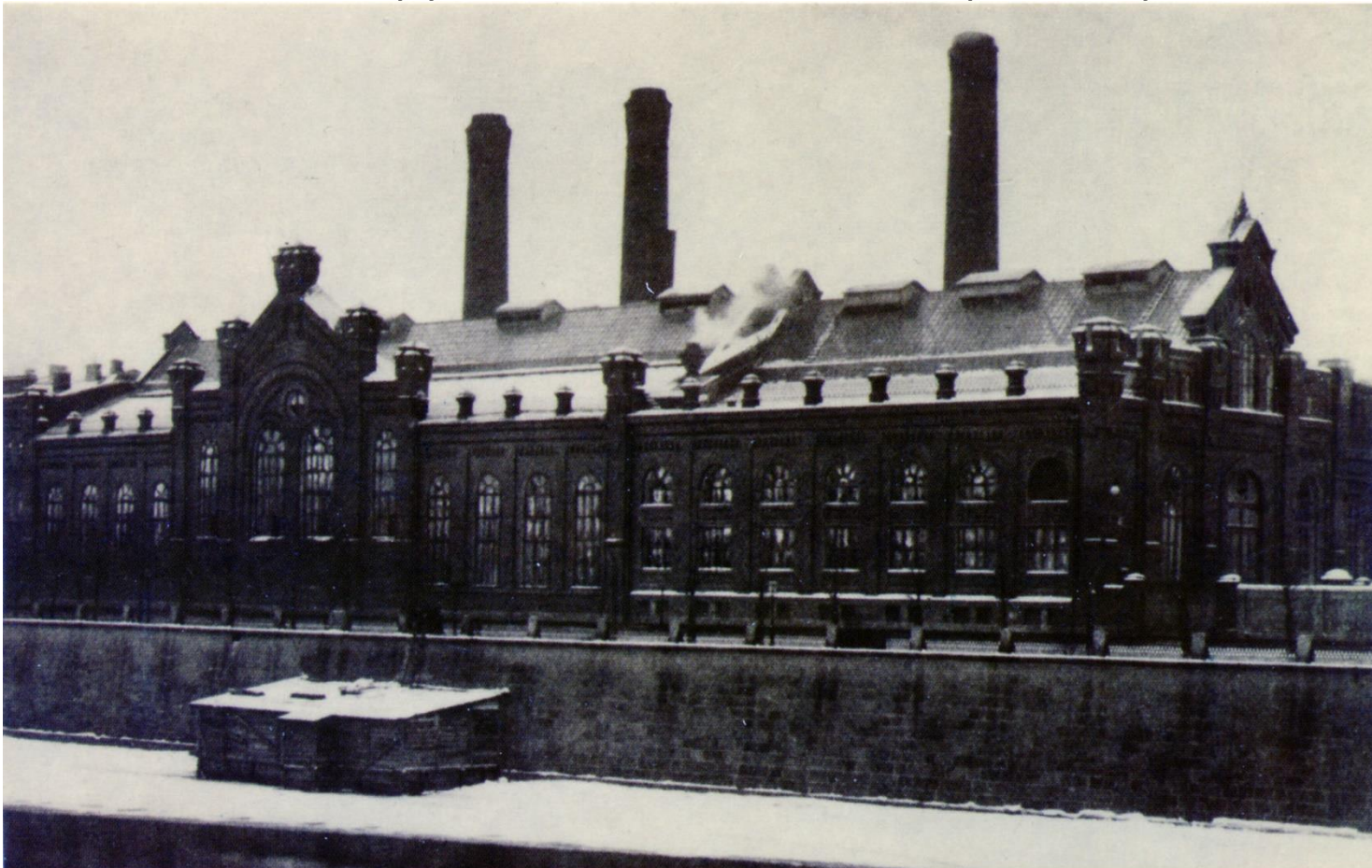
- 1. Центральные электростанции общего пользования,** «использующие большую часть произведенной ими энергии для надобностей посторонних потребителей»
  - электрическое освещение, трамвайное движение, электромоторы частных потребителей, городские службы
  - частные, акционерные, муниципальные
- 2. Фабрично-заводские электростанции,** «расходующие всю или большую часть энергии для собственных нужд или надобностей их владельцев»
  - тепловые или гидроэлектрические
  - казенные энергопредприятия для автономного электропитания объектов государственного и оборонного значения



# Электрификация России: ЦЭС

**1897 г.** – пущена в строй МГЭС-1 «Раушская» 3,3 МВт (21 МВт в 1915 г., 86 МВт в 2015 г.)

- трехфазный переменный ток для потребителей в радиусе 5 км
- давление пара 12-14 атм., перегрев пара – 350-370 °С, 1500 об./мин.
- стоимость 327 659 руб., качественные материалы, работает сегодня



# Электрификация России: ЦЭС на Обводном канале

**1896 г.** – построена «Обществом 1886 г.»

- мощность 4,2 МВт (трехфазный переменный ток, 4 паровых котла и 6 генераторов)
- первые 10 лет работала в основном на освещение
- постоянная модернизация: в 1912 г. – мощность стала 49 МВт



# Центральные электростанции в провинции

- В 1896 году количество ЦЭС – 35 единиц.
- величины тока и частоты имели колоссальный разброс, который сохранился вплоть до 1920-х годов (на 01.01.1922 г. – из учтенных 810 ЦЭС, 706 вырабатывали постоянный ток, 19 имели однофазный ток, 58 – трехфазный, 27- смешанная система)
- до революции не менее чем 700 городов России из 900 получали электроэнергию от ЦЭС, из которых 1/3 принадлежала городским управам, остальное частным компаниям
- ЦЭС постоянно модернизировались, обеспечивая высокий прирост установленных мощностей, рост производительности и снижение себестоимости

Э/энергия, млн. кВт ч	1910	1913
Рижская ЦЭС	2,1	4,2

Э/энергия, млн. кВт ч	1916	1917
Архангельс кая ЦЭС	1,4	2,6

# ЦЭС в России: от Киева до Владивостока

## Киев

- В 1890 году первая ЦЭС – 44,1 кВт
- В 1898 построена ЦЭС с высоким напряжением на переменном трехфазном токе 1,68 МВт
- К 1914 г. – 14 МВт на ЦЭС, и 4МВт на подстанциях

Выдержка из журнала «Электричество», 1895 год, номер 24

«В Киеве как-то поневоле обращаешь внимание и на это проявление электричества, мало помалу опутывающего сетью проводов всю человеческую жизнь, потому что по середине улицы, по бокам которой идут и пересекают телеграфные и телефонные провода и провода осветительного тока, еще другие провода, и плавно и быстро ходят, повинувась мановению руки кондуктора, вагоны электрического трамвая.

Но не только на улице чувствуется в Киеве распространенность электричества, но и внутри домов. Пользуются электричеством и дантисты для сверления, и ринологи для прижигания, и гинекологи и окулисты для освещения; электричество еще сушит белье; оно отлагает металлы в гальванопластике; приводит в движение вентиляторы и типографские станки; освещает оно и улицы, и театры, и магазины, и университет, и клиники, и гимназии, и банки, и фабрики, и бани, и рестораны и .т.д. – и разрослось это в каких-ниубдь 5 лет!»

## Владивосток

февраль 1912 г. – мощностью 1,35 МВт – самая мощная ЦЭС на Дальнем Востоке

# Фабрично-заводские электростанции

- основной источник производства электроэнергии в России
- объем произведенной электроэнергии в 2,5 раз превышал объем центральных электростанций общего пользования

Три стадии развития (шли неравномерно):

1. Использование паровых локомотивов для выработки постоянного тока низкого напряжения для питания электроосветительных приборов, маломощных моторов, сварочных аппаратов и электролиза
2. Использование паровых и гидравлических турбогенераторов и дизельных генераторов для электромоторного движения
3. Использование группового, а затем индивидуального электрического привода (вместо механического)

В 1908-1916 гг. наблюдается тенденция к потреблению тока от крупных центральных электростанций общего пользования.

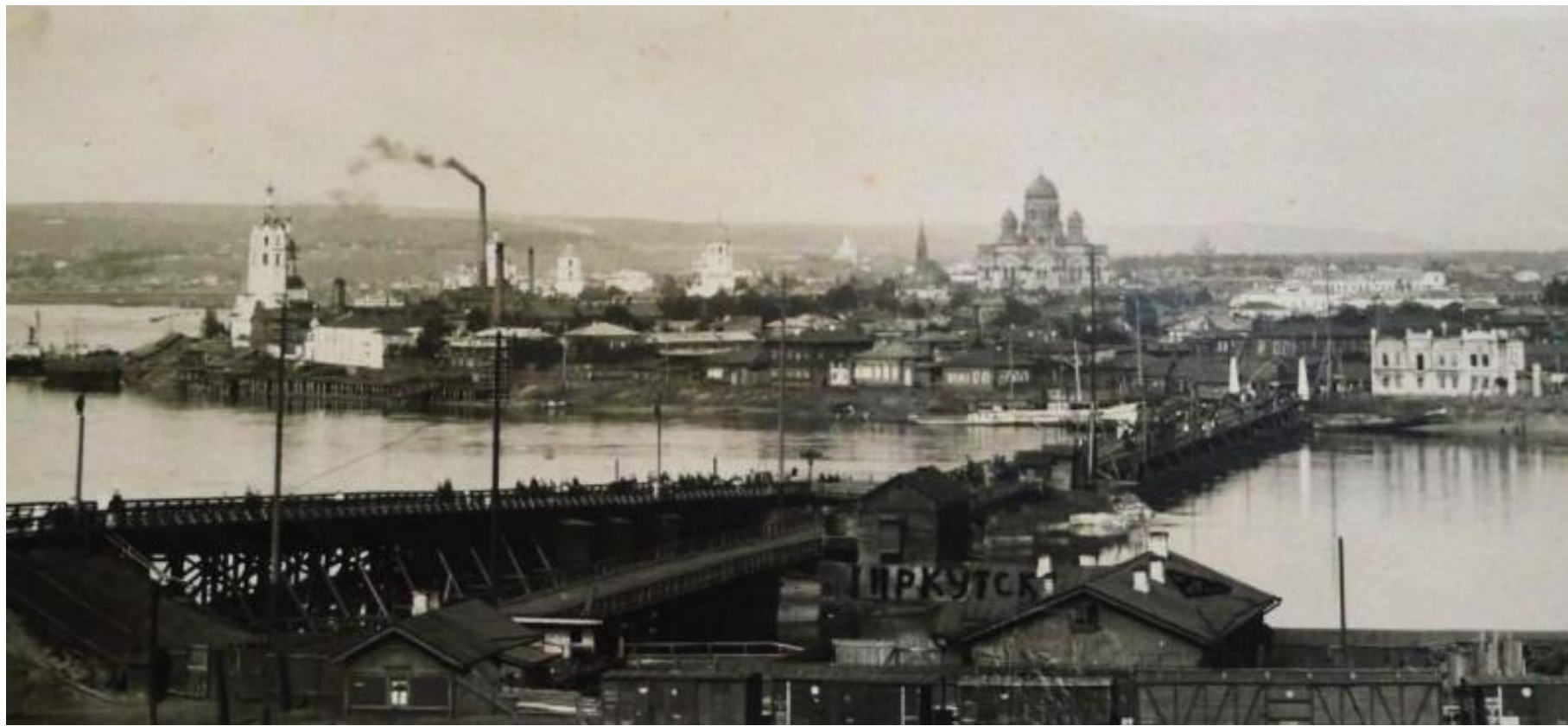
# Электрификация в Иркутске

1896 г. - первые четыре столба для электропроводов поставил купец А. Второв

1900 г. - электростанция И. Плотникова для освещения и насосов выгребной ямы Иркутского драмтеатра

29 мая 1910 года – вступила в строй первая центральная электростанция общего пользования, 412 373 руб., в 2013 – 2,5 тыс. абонентов

Всего к 1910 году в Иркутске существовало более 10 электростанций. Мощность их составляла примерно 735 киловатт. Потребители – это в основном освещение.



## Электричество в быту

Используется с 1890-х годов, но в силу высокой стоимости, пользоваться могли состоятельные люди в крупных городах

Кинотеатры – в Москве в 1917 г. был 71 электрокинотеатр на 23 782 места

Электробытовые приборы, в основном из-за границы:

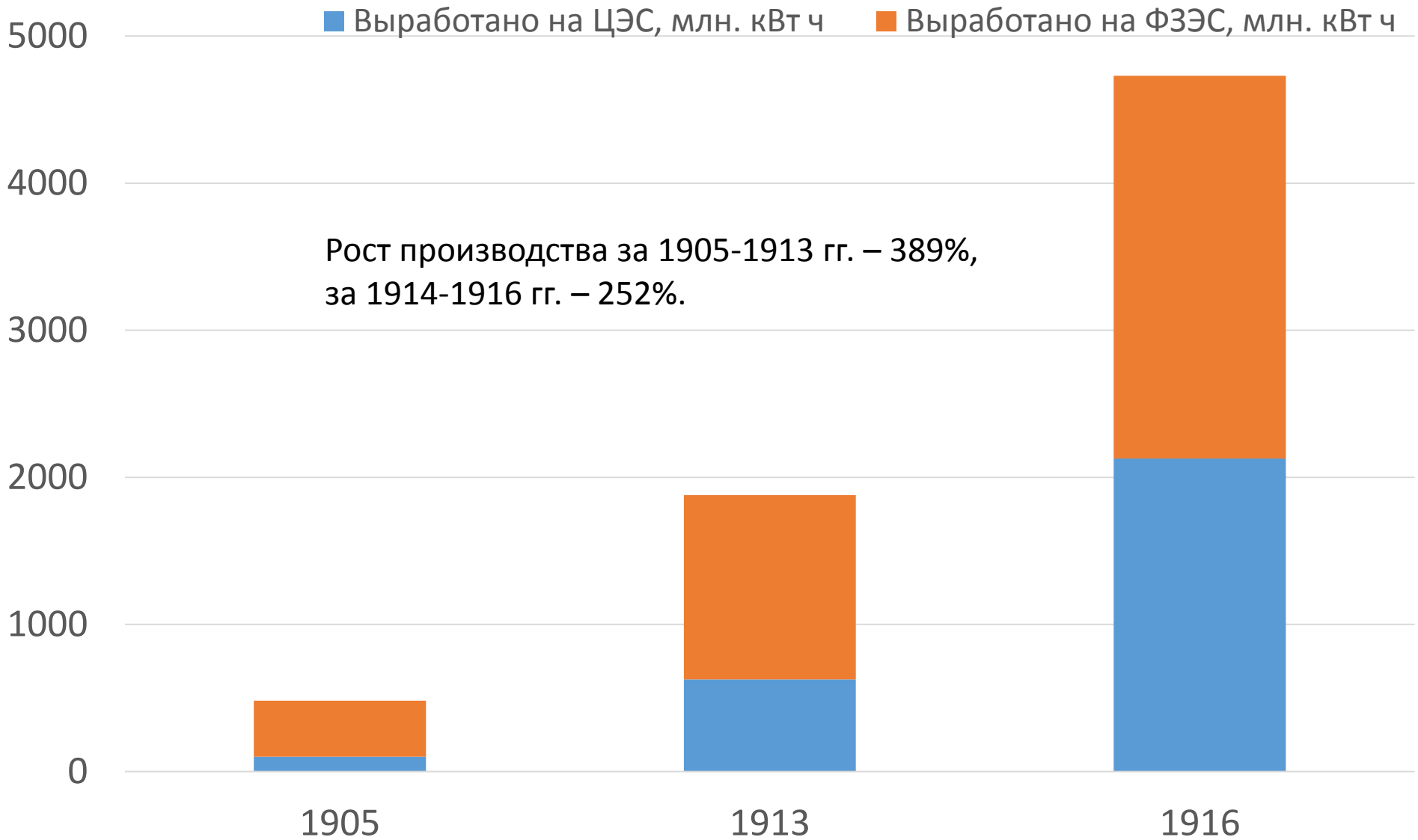
- Тепловая обработка продуктов (электроплиты, электродуховки)
- Электрические звонки и средства сигнализации
- Стиральные машины
- Пылесосы
- Электроутюги
- Приборы микроклимата

# Строительство электростанций

Год	1905	1913	Рост за 8 лет	2016
Кол-во центральных электростанций, ед.	133	316	238%	-
Кол-во фабрично-заводских электростанций, ед.	5329	9221	173%	-
<b>Всего электростанций, ед.</b>	<b>5462</b>	<b>9537</b>	<b>175%</b>	<b>11800</b>

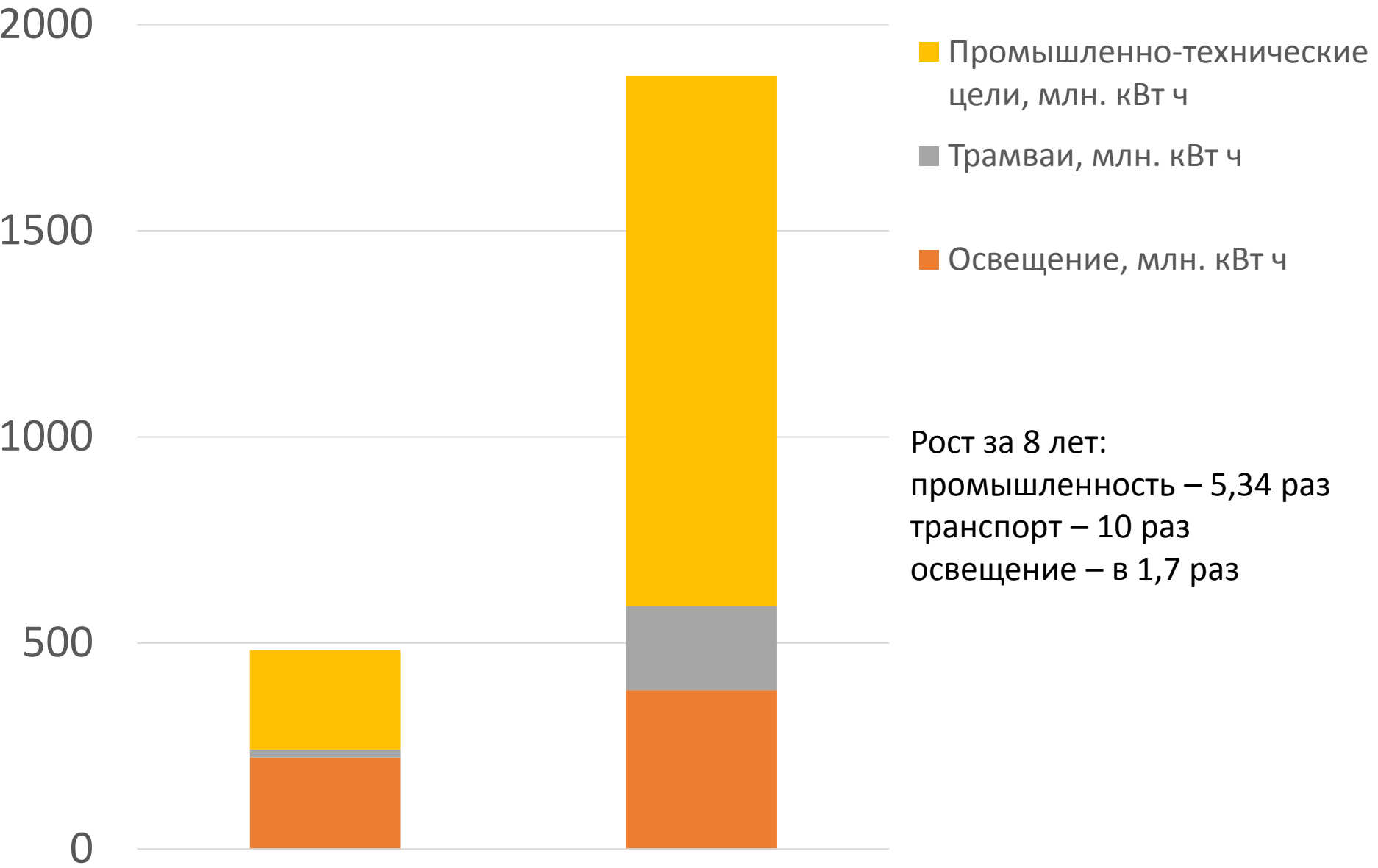


# Производство электроэнергии, млн. кВт ч



Источники: *Электричество. – 1917. - №13/14. С. 178 и аналитическая записка «О прошлом и настоящем положении вопроса об электрификации России» 6-й (петроградской группы) разработчиков плана ГОЭЛРО (инженеры Т.Ф. Макарьев, А.И. Фирсов, Я.А. Самойлович, проф. Н.Н. Георгиевский)*

# Структура производства электроэнергии, млн. кВт ч



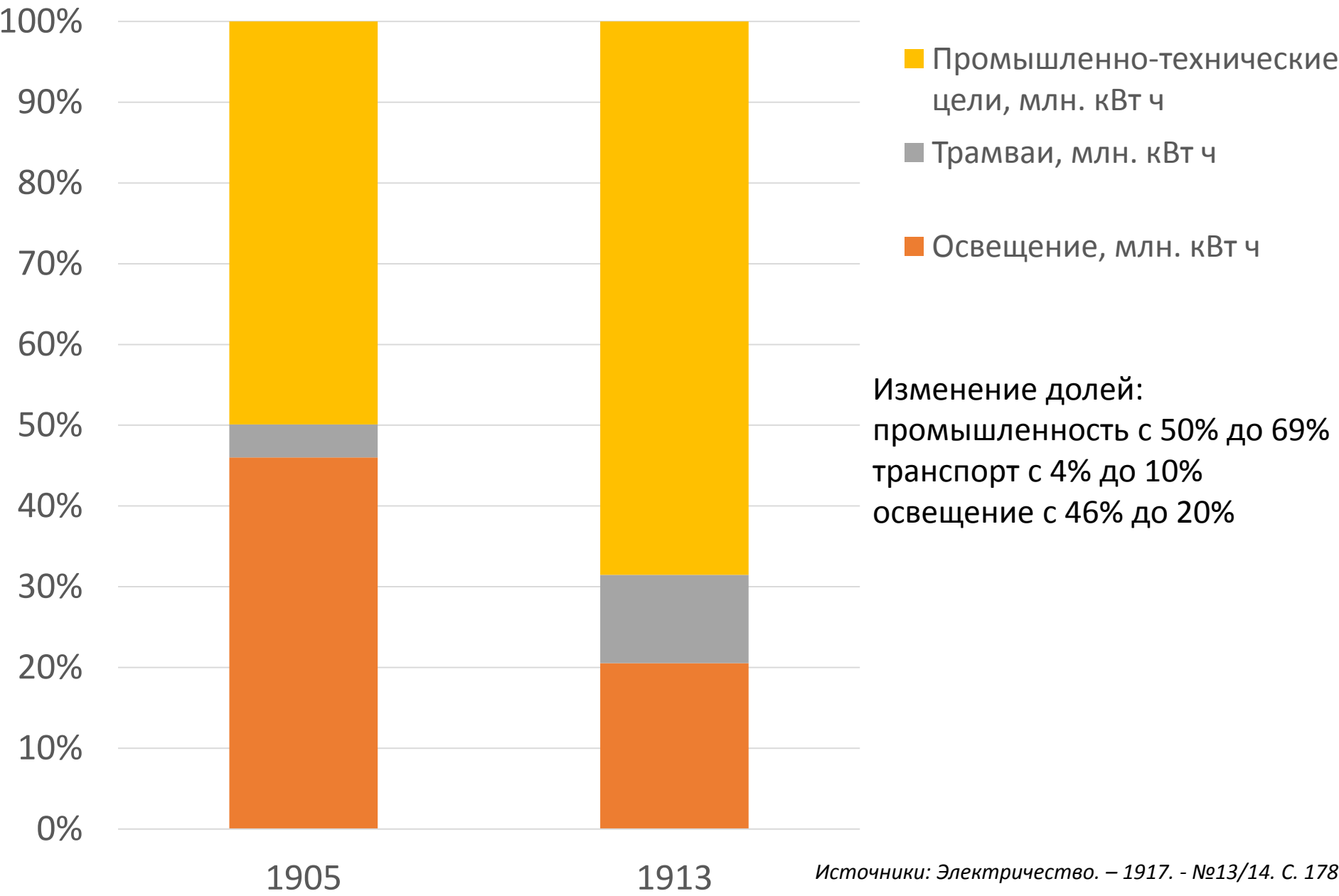
Рост за 8 лет:  
промышленность – 5,34 раз  
транспорт – 10 раз  
освещение – в 1,7 раз

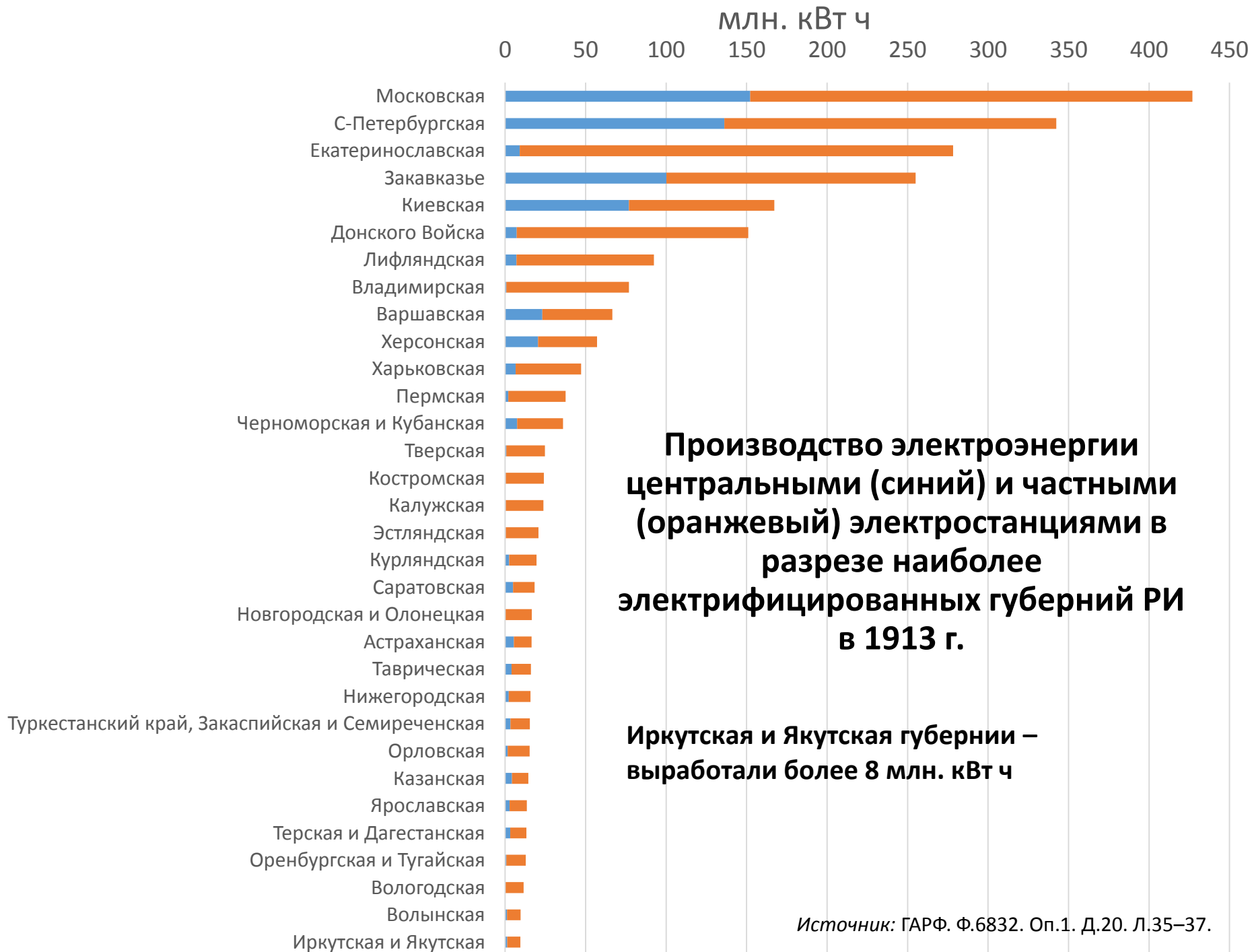
1905

1913

Источники: *Электричество. – 1917. - №13/14. С. 178*

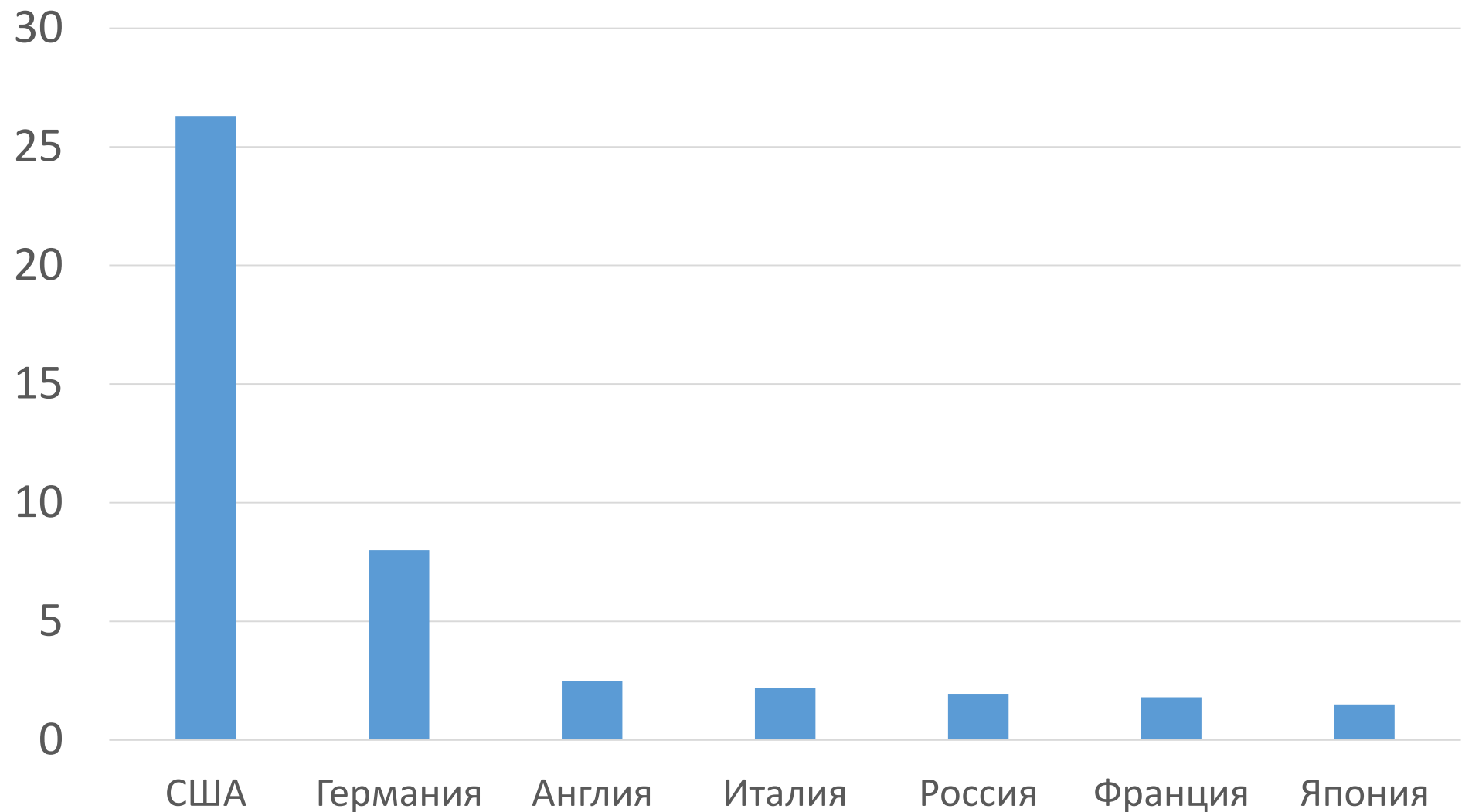
# Структура производства электроэнергии, млн. кВт ч





# Россия и другие страны в 1913 году

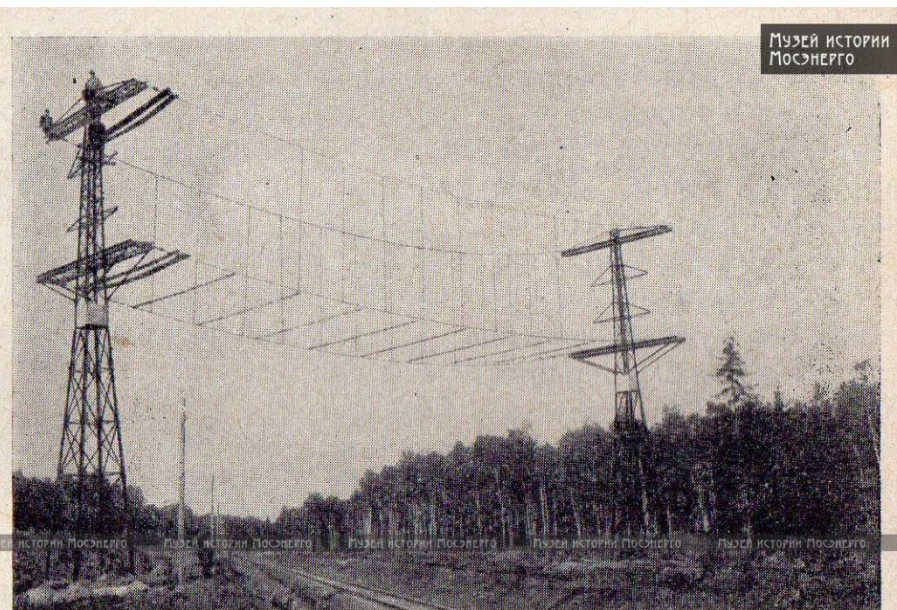
млрд. кВт ч



# Электрификация России: первая энергосистема

**1913 г.** –начала работу первая Богородская районная станция мощностью 15 МВт (3 энергоблока)

- впервые передача по ЛЭП 70 кВ на 130 верст до Москвы
- станция на местном топливе (торф)
- первая энергосистема в России



Переход линии 70 кВ через железную дорогу.

# Российская электротехническая школа

Помимо упомянутых ранее такие имена как **А.Н. Лодыгин** (индукционные печи и печи сопротивления, сварочные аппараты, электроприборы, электровертолет, скафандр и т.п.), **Ф.А. Пироцкий** (двухярусный моторный вагон), **М.И. Доливо-Добровольский** (первая в мире линия высоковольтной передачи, двигатель трехфазного переменного тока), **А.С. Попов**

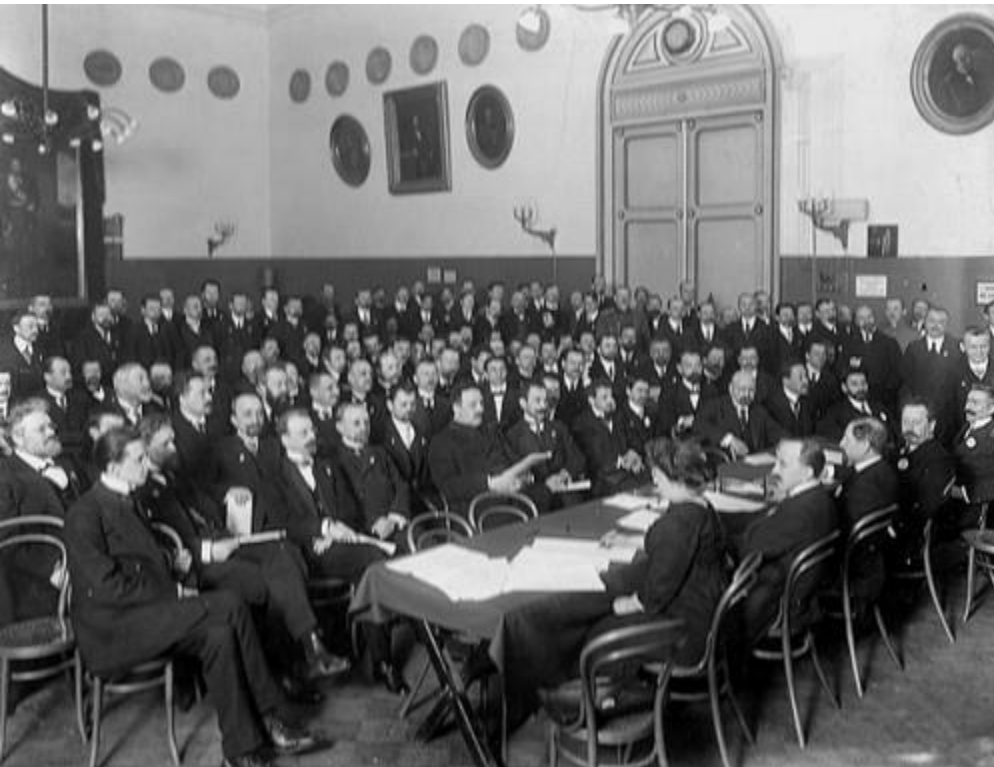
**1880 год** – создан VI электротехнический отдел Императорского Российского технического общества (ИРТО)

**11 июля 1891 г.** – создан первый электротехнический институт, 120 человек, плата за обучение не взималась

**1912 г.** насчитывалось уже 15 государственных вузов (22,2 тыс. студентов), в 12 из них преподавалась электротехника

# Всероссийские электротехнические съезды

С 1899 года по 1912 прошло 7 съездов, на которых обсуждались все проблемы, связанные с теорией и практикой применения электричества, публиковались доклады, внесли неоценимый вклад в развитие российской электротехнической школы

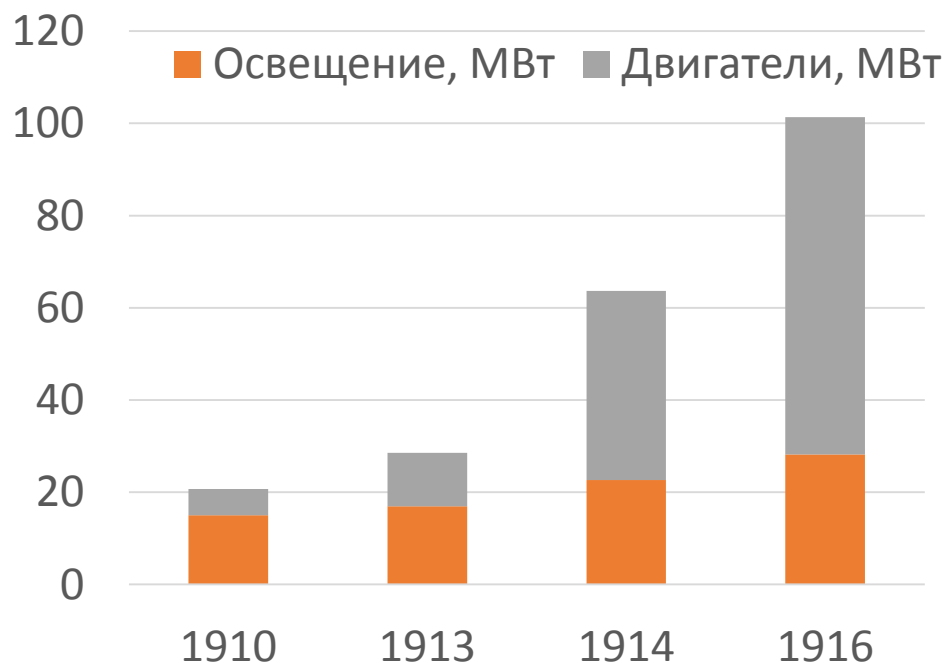




# Электрификация в годы Первой мировой войны

- Продолжалась активная модернизация мощностей для удовлетворения нужд растущей промышленности, в первую очередь военных заказов
- Вместе с тем строительство новых электростанций велось в ограниченных масштабах
- Выявились все недостатки ТЭБ
- Осложнились транспортировки по железным дорогам в силу перегрузки военными перевозками
- Многие кадры ушли на фронт
- К 1917 г. проведена национализация энергетических компаний, ликвидирован топливный рынок, что привело к созданию Центрального электротехнического совета под рук. Л.Б. Красина в 1919 г.

Установленная мощность 4 С.-Петербургских ЦЭС



# Установленная мощность центральных электростанций общего пользования (на территории СССР)



Источник: Службная записка зав. отделом статистики С.А. Кукель-Краевского в Госплан СССР, декабрь 1925 г. РГАЭ. Ф. 4372. Оп. 4 Д. 117. Л.4.

## Топливо-энергетический кризис 1918-1920 гг.

- Уголь: в 1913 г. добыча – 36 млн. т. + 8,2 млн. т. импорт, в 1918 – переход на Подмосковный уголь
- Нефть/мазут: в 1913 г. – 6,28 млн. т, к 1918 – 3,37 млн. т., 70% нефти в Баку
- Дрова и торф: в 2014 г. – 13,5%, в 1917 г. – 73%, в 1920 – 90%.
- Потребление топлива в 1920 году сократилось в 6,5 раз
- Оборудование выходило из строя
- Падала производительность труда
- Усилилась общая тенденция перехода на местные топлива
- Пик кризиса в 1921 году

# 6 Развитие электроэнергетики

## Производство, млрд. кВт ч



## Краткие выводы

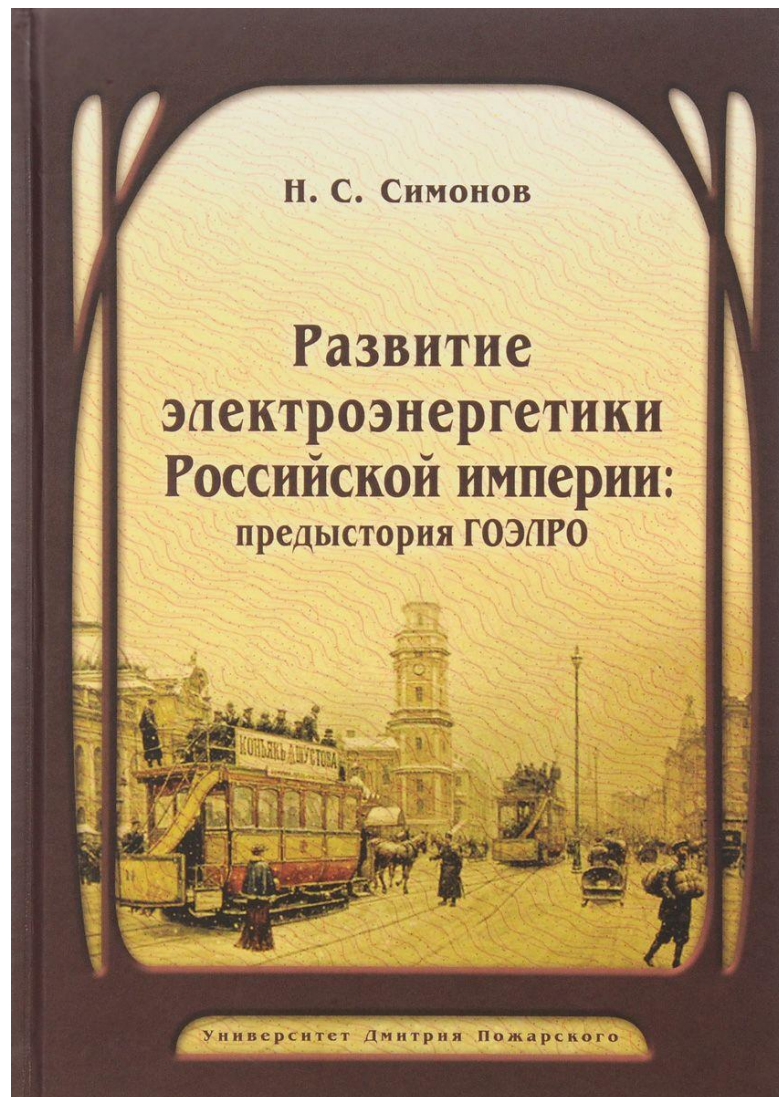
1. Практическое применение электричества в России начинается одновременно с США и с ведущими странами Европы с 1870-х годов. Изобретения Яблочкова, Чиколева и Лодыгина – фактически открывают эру электрического освещения, передачи электроэнергии и трансформации напряжения.
2. Многие электростанции создаются по проектам русских инженеров.
3. Русский капитал проявляет слабый интерес к продаже и производству электроэнергии. Масштабные инвестиции в развитие электроэнергетики делаются в основном иностранным капиталом.
4. Производственно-техническая эволюция совершалась в соответствии с мировыми тенденциями развития электроэнергетики, в том числе переход в конце 1890-х к системам переменного тока и замена паровых машин турбинами.

## Краткие выводы

5. Развитие электротехнической промышленности России шло по пути импортозамещения от 30% в 1900 г. до 70% в 1914 г.
6. По природно-географическим условиям распространения запасов топлива Россия находилась в менее благоприятных условиях чем страны Европы и США. До 30% угля приходилось импортировать.
7. В России сложилась самостоятельная научно-образовательная и инженерная электротехническая школа с национальными кадрами, способная решать задачи электрификации (в т.ч. строительства и проектирования) любой сложности.
8. До революции в России была создана обширная энергетическая инфраструктура, способствовавшая восстановлению электроэнергетики после Гражданской войны, успешной реализации плана ГОЭЛРО и последующего быстрого развития энергетики СССР.

# Источники

1. Н.С. Симонов Развитие электроэнергетики Российской империи: предыстория ГОЭЛРО. М.: Русский фонд содействия образованию и науке, 2016. – 320 с.2016.
2. Музей истории Мосэнерго,  
<http://www.mosenergo-museum.ru>
3. Электрификация Иркутска, Начало // Гольдфарб С.И. «Иркутск...», 2013.
4. Архивные материалы и др.



**С Днем энергетика!**