

A historical black and white photograph of an industrial facility, likely a power station or factory. The image features two tall, cylindrical chimneys on the left side. In the center and right, there is a large, multi-story building with arched windows and a classical architectural style. In the foreground, a wooden walkway or bridge crosses a trench, with several people standing around it. The overall scene depicts the early stages of industrial development in Russia.

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«)



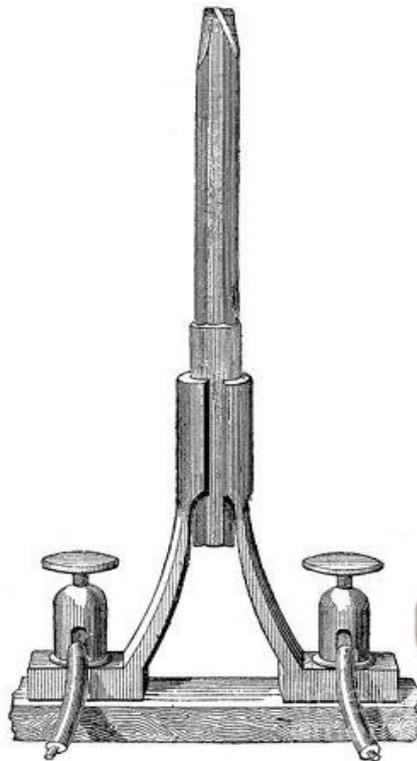
Вид на завод



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.

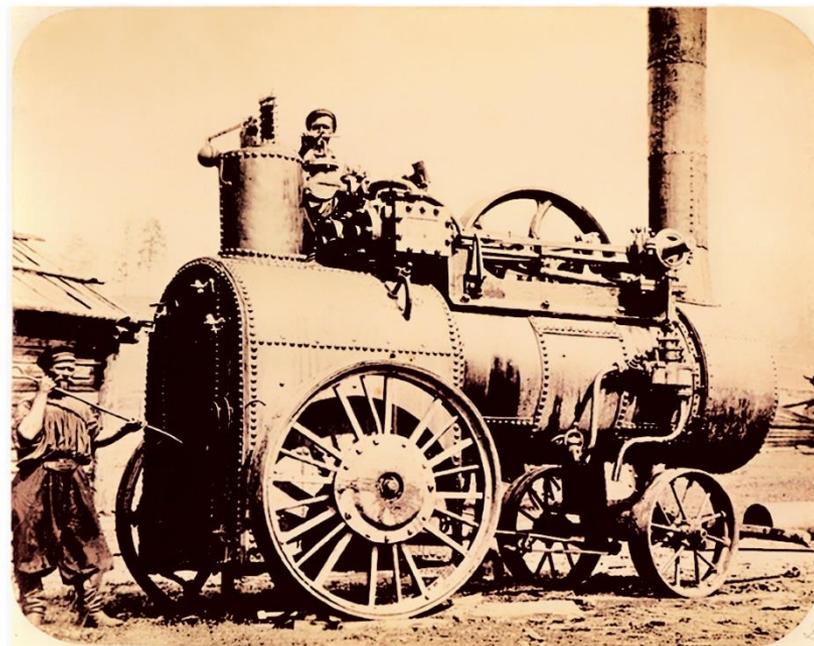
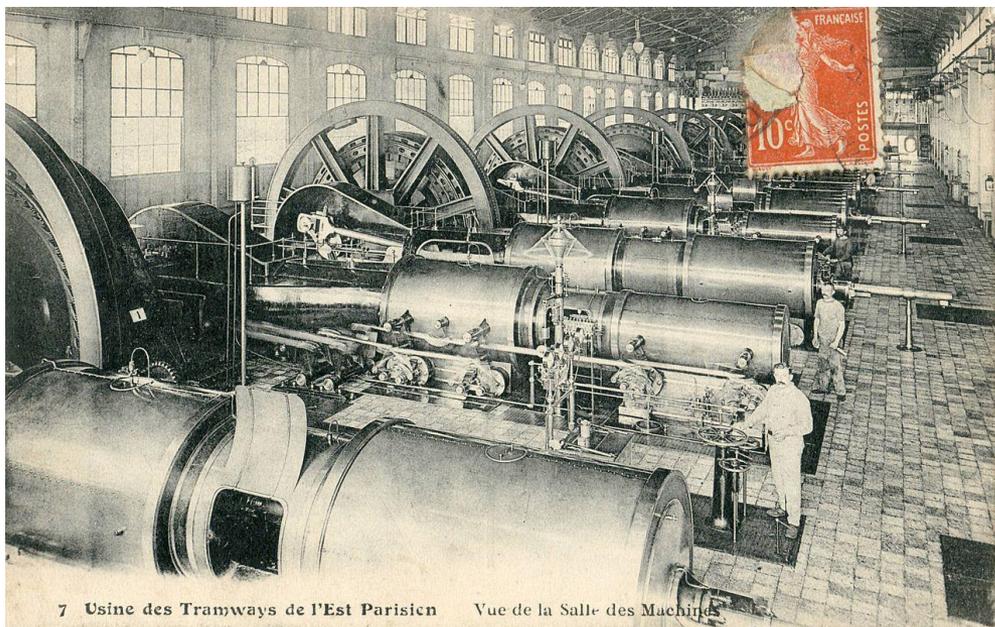


Электрификация России: свет vs. газ

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)



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

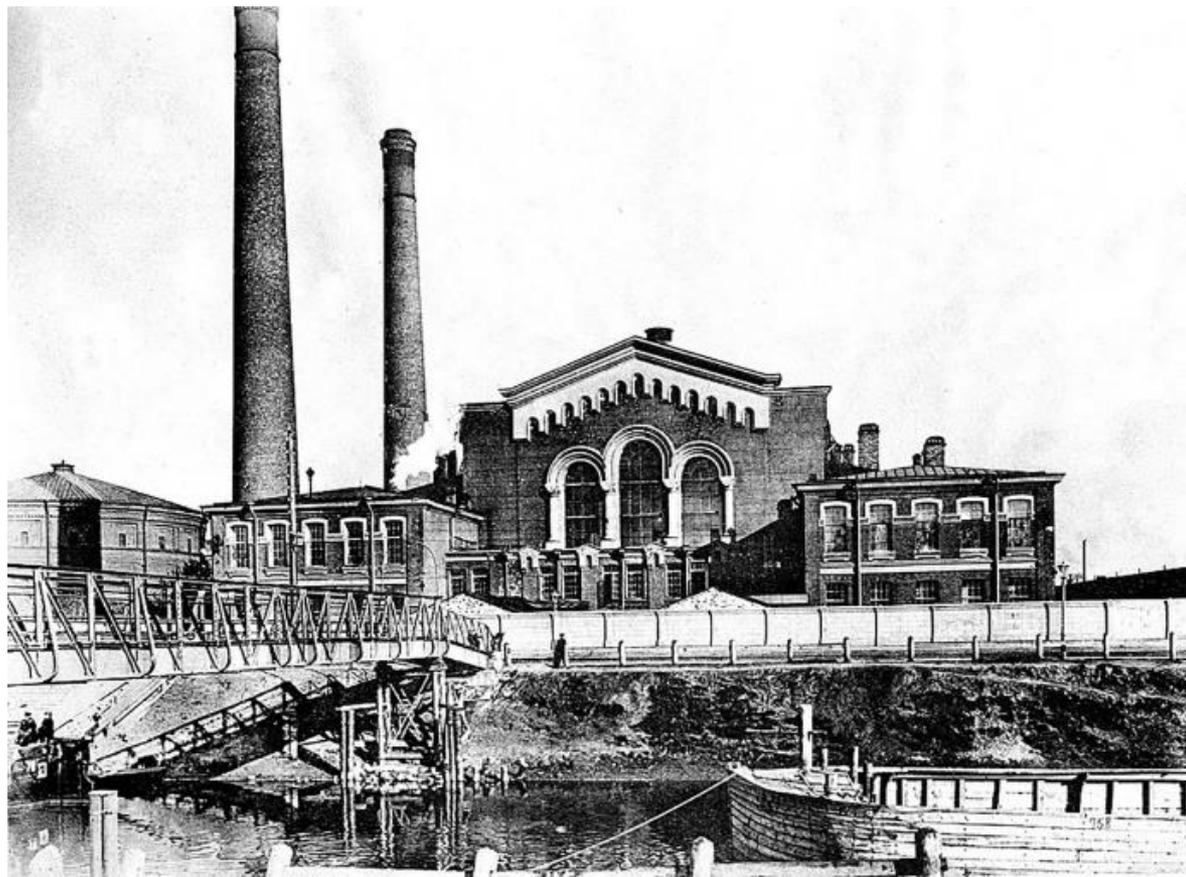


Электрификация России: Санкт-Петербург

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

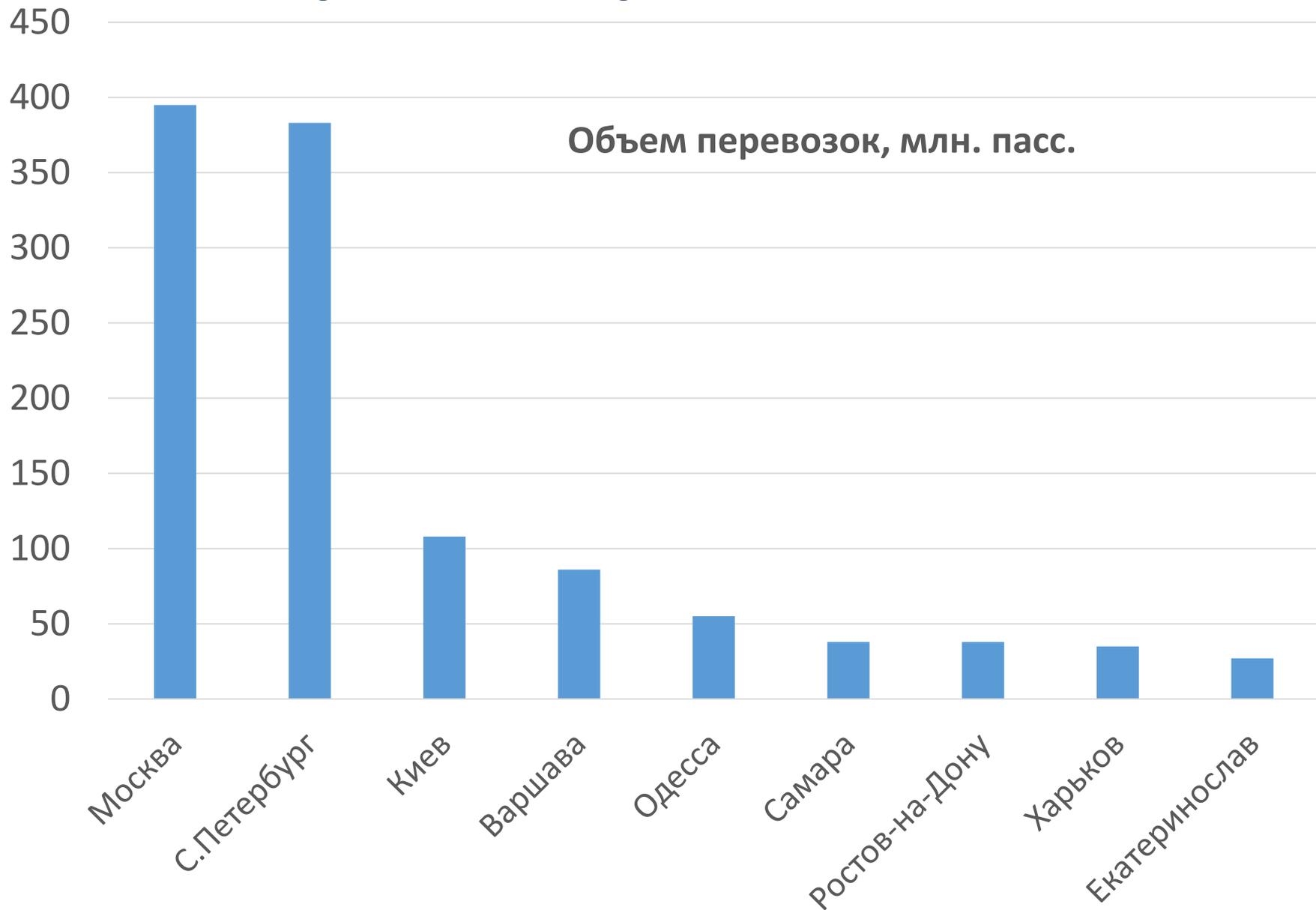
На 1917 год в России было 36 трамвайных предприятий в 35 городах, принадлежность 75% частные и 25% городские власти

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.



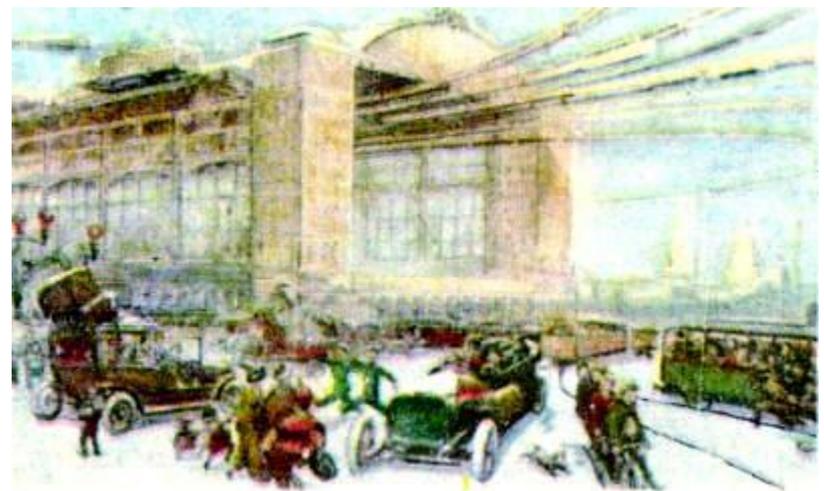
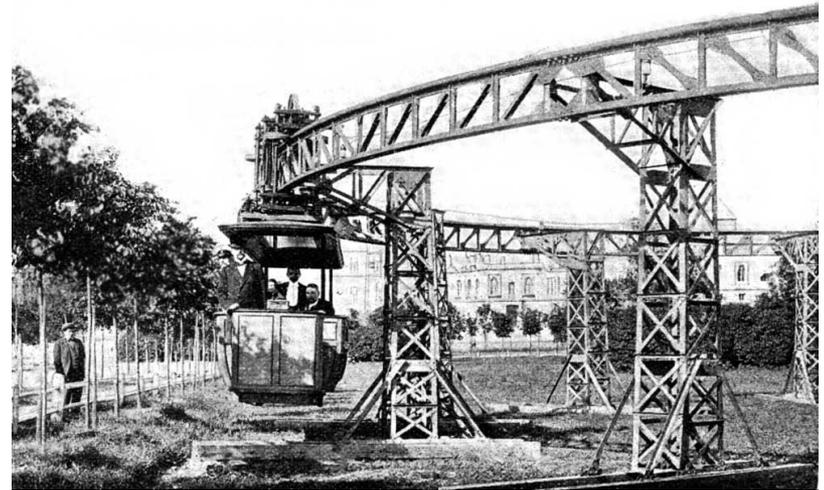
Проекты и мегапроекты

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

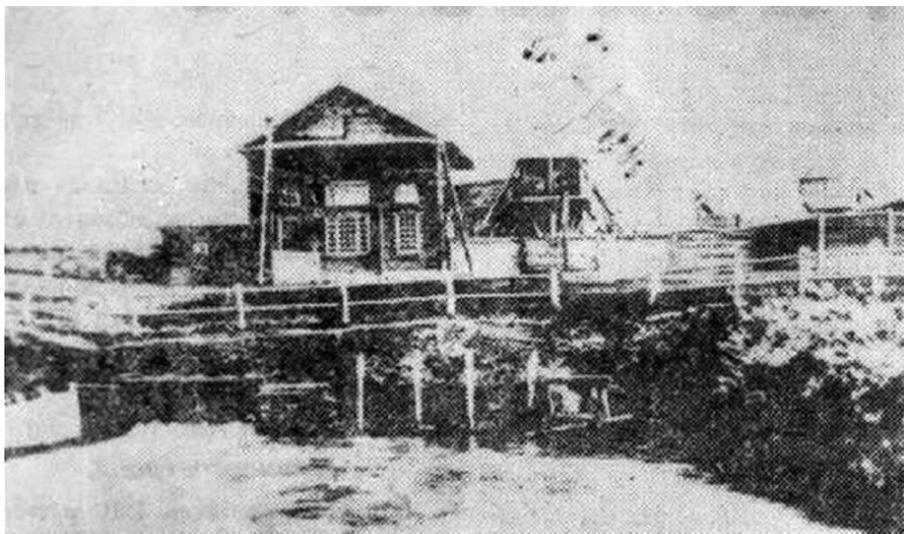
1900 год – инженер И.В. Романов разработал проект электрической монорельсовой дороги С.Петербург - Москва, рассчитанный на скорость 200 км/ч (!), МПС проект одобрило, но не финансировало



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



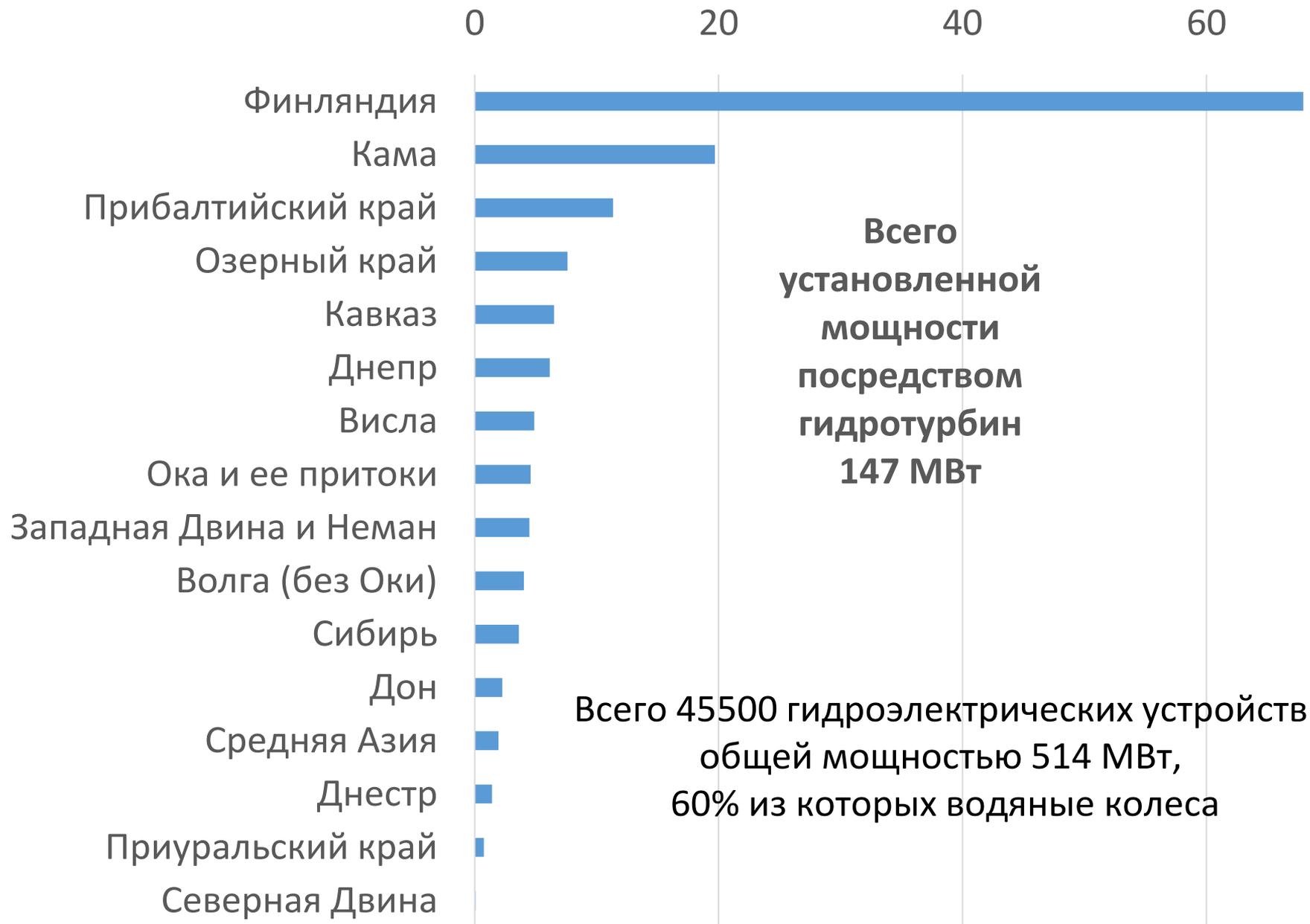
Электрификация России: первые ГЭС

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

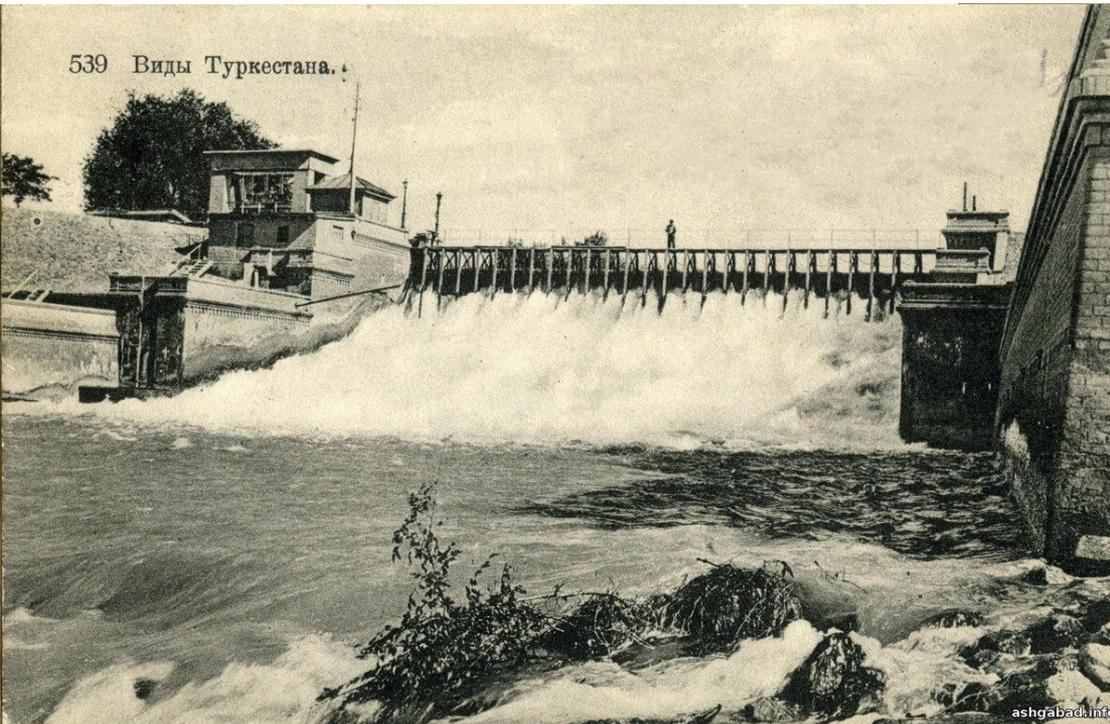


Перепись водных сил России по анкете 1912/1913 гг.



Электрификация России: Гиндукушская ГЭС

1909 – самая крупная ГЭС России для электроснабжения маслобойного, 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

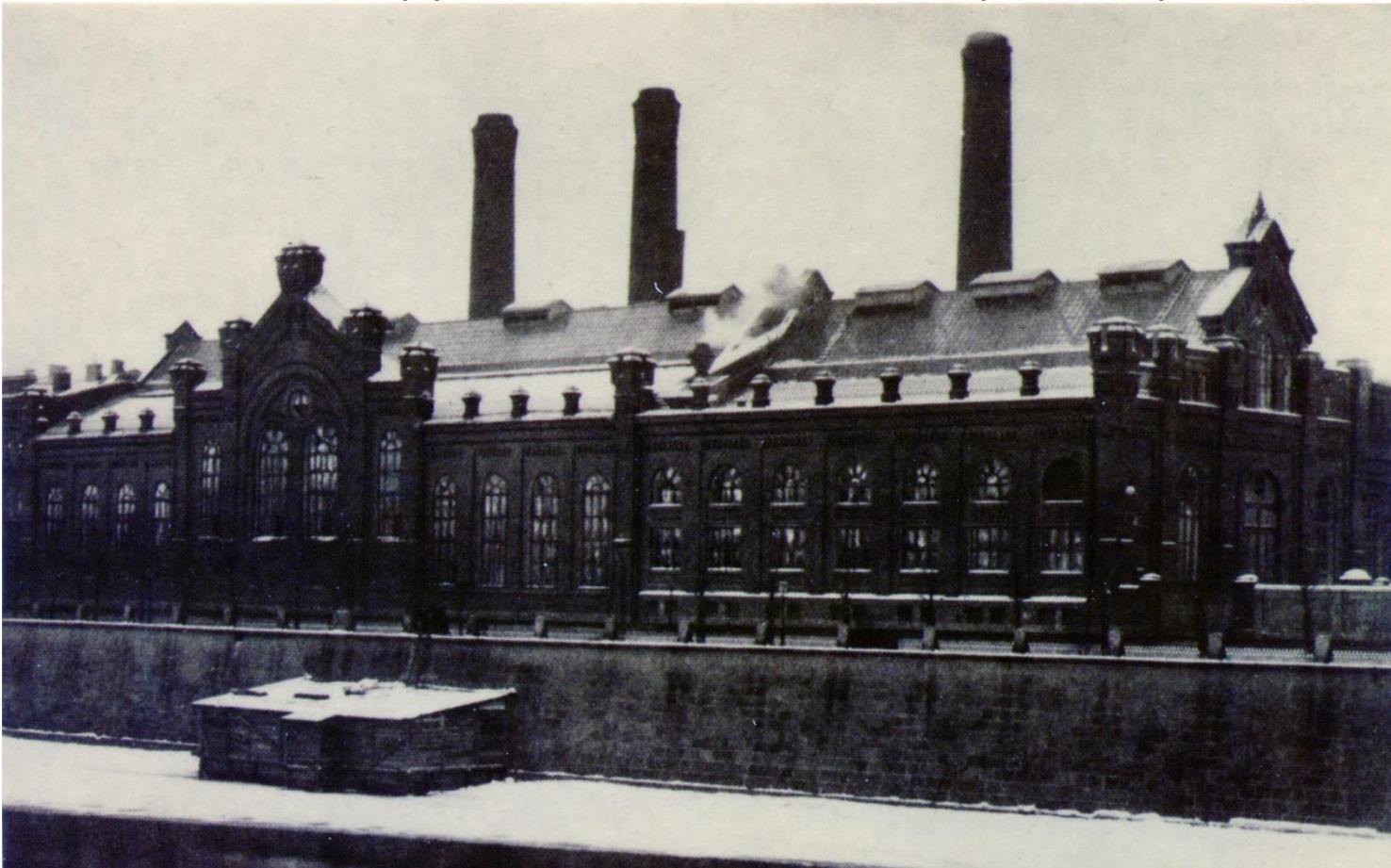
Виды электростанций в России

- 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.

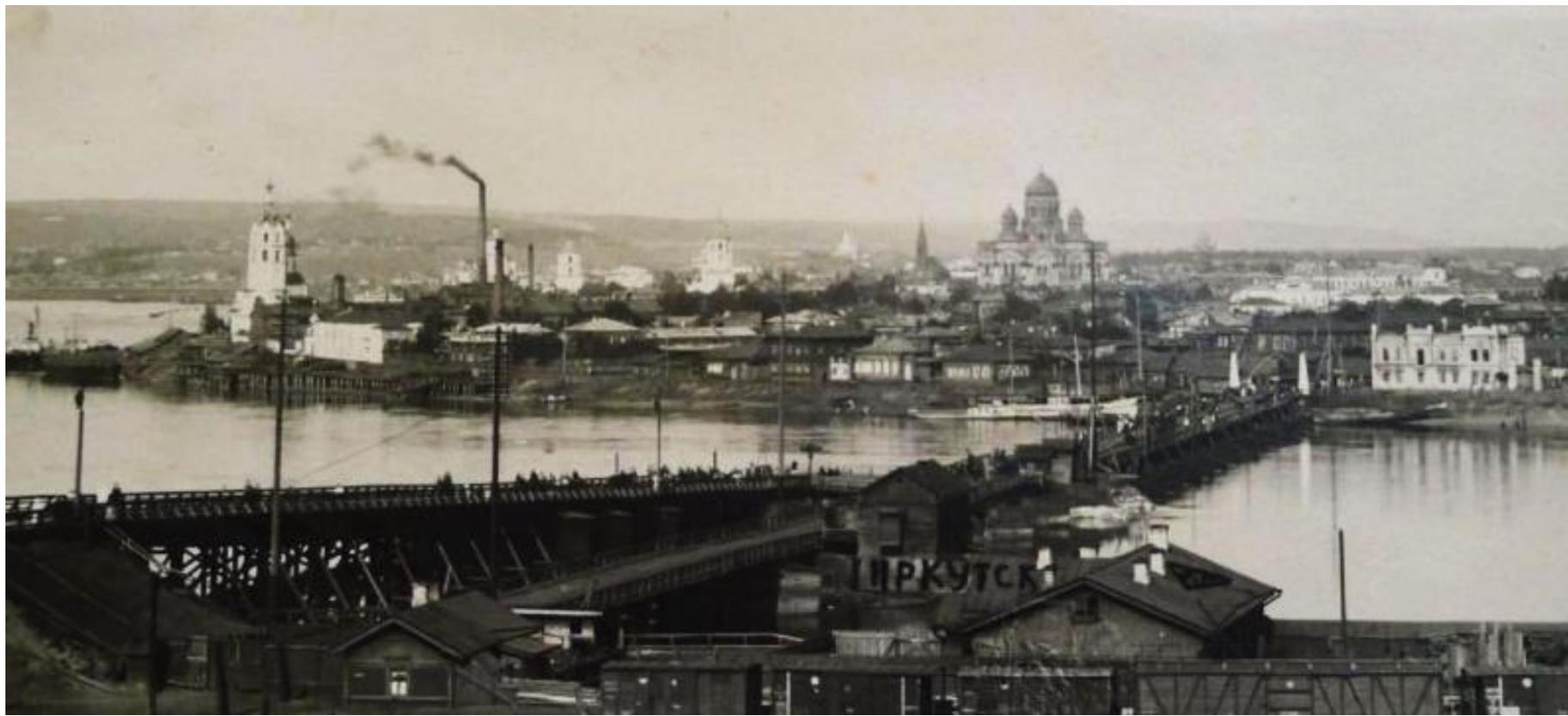
Электрификация в Иркутске

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

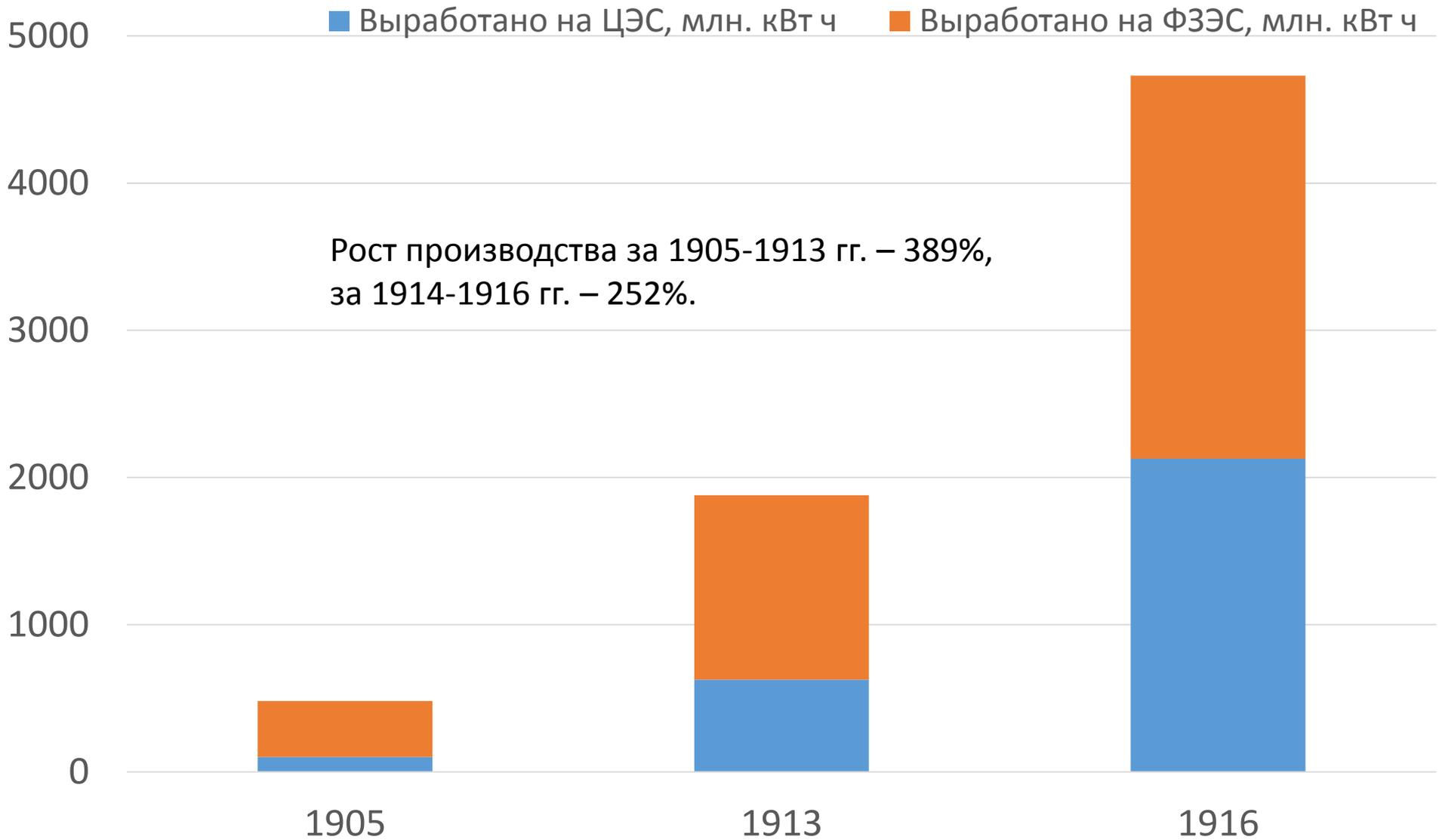
Электробытовые приборы, в основном из-за границы:

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

Строительство электростанций

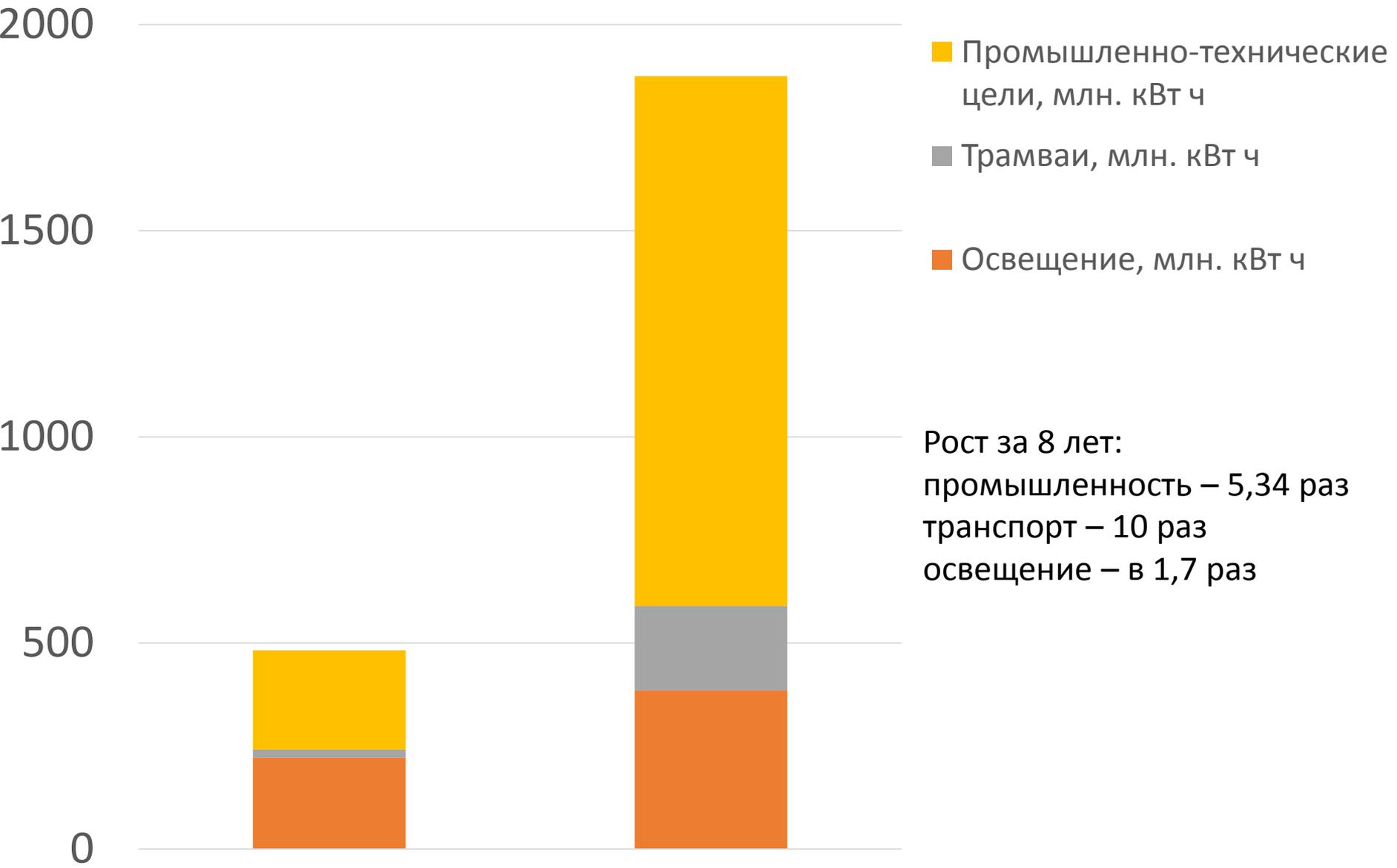
| Год | 1905 | 1913 | Рост за 8 лет | 2016 |
|---|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Кол-во центральных электростанций, ед. | 133 | 316 | 238% | - |
| Кол-во фабрично-заводских электростанций, ед. | 5329 | 9221 | 173% | - |
| Всего электростанций, ед. | 5462 | 9537 | 175% |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

Производство электроэнергии, млн. кВт ч



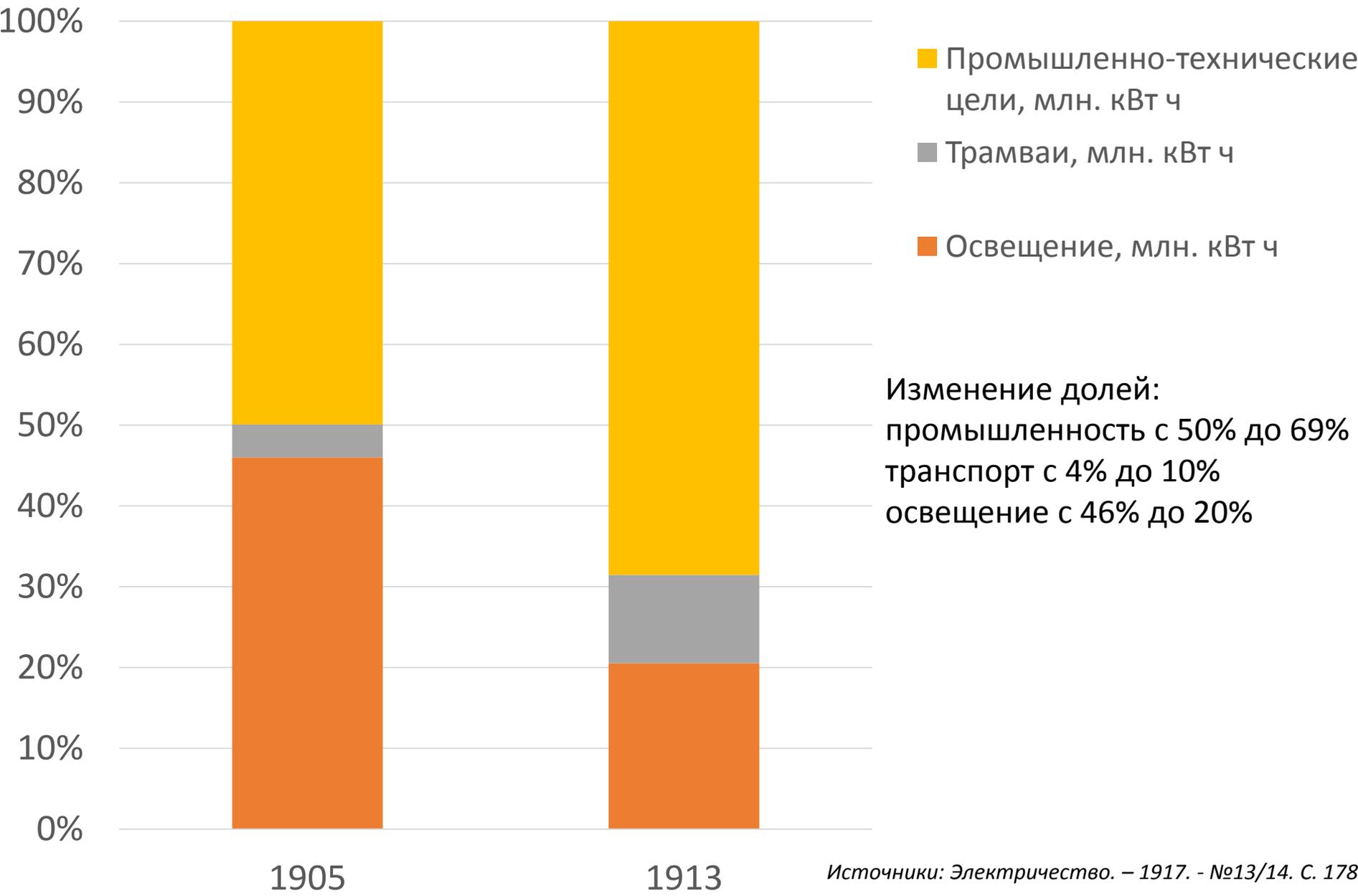
Источники: *Электричество. – 1917. - №13/14. С. 178 и аналитическая записка «О прошлом и настоящем положении вопроса об электрификации России» 6-й (петроградской группы) разработчиков плана ГОЭЛРО (инженеры Т.Ф. Макарьев, А.И. Фирсов, Я.А. Самойлович, проф. Н.Н. Георгиевский)*

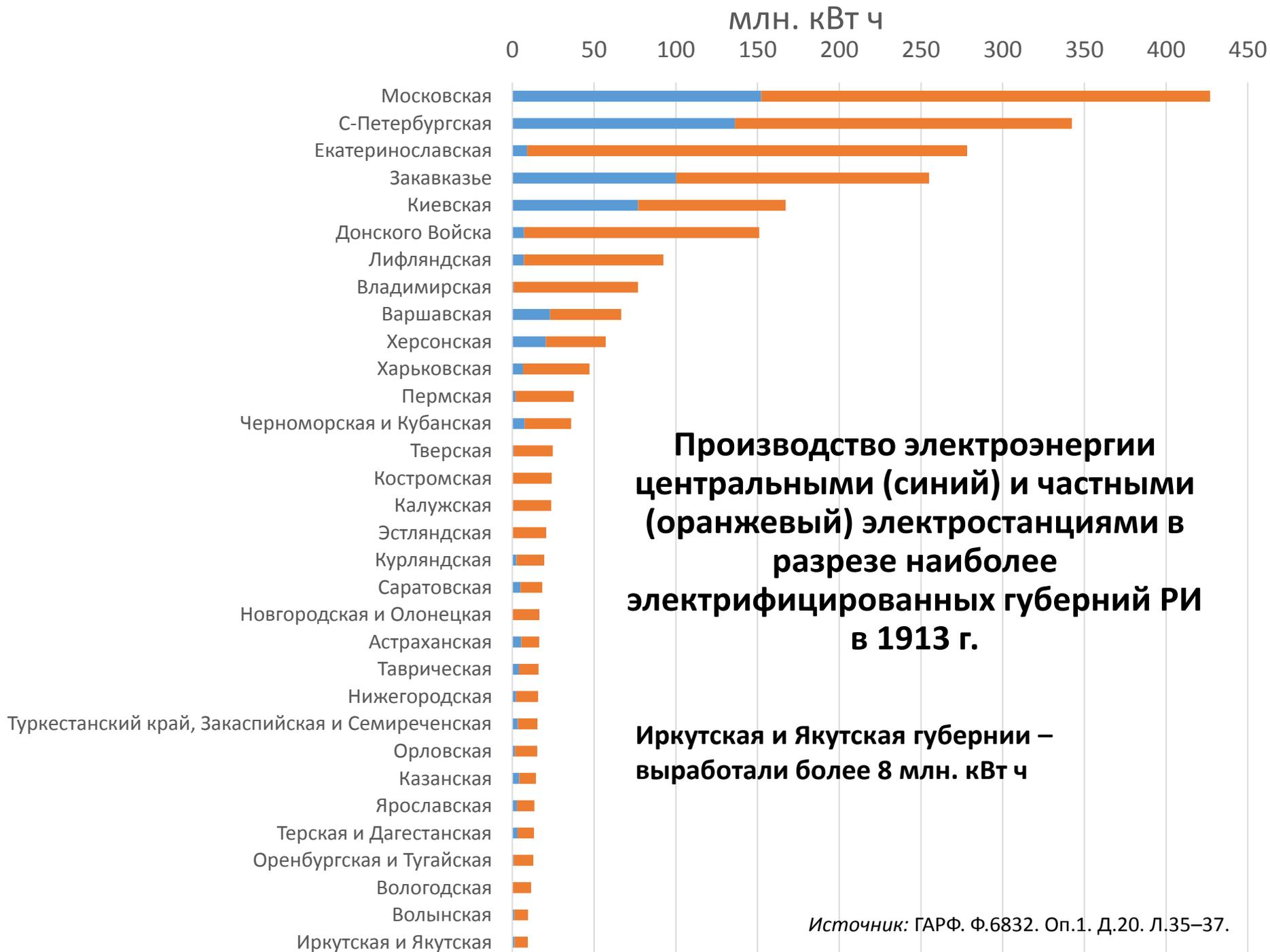
Структура производства электроэнергии, млн. кВт ч



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

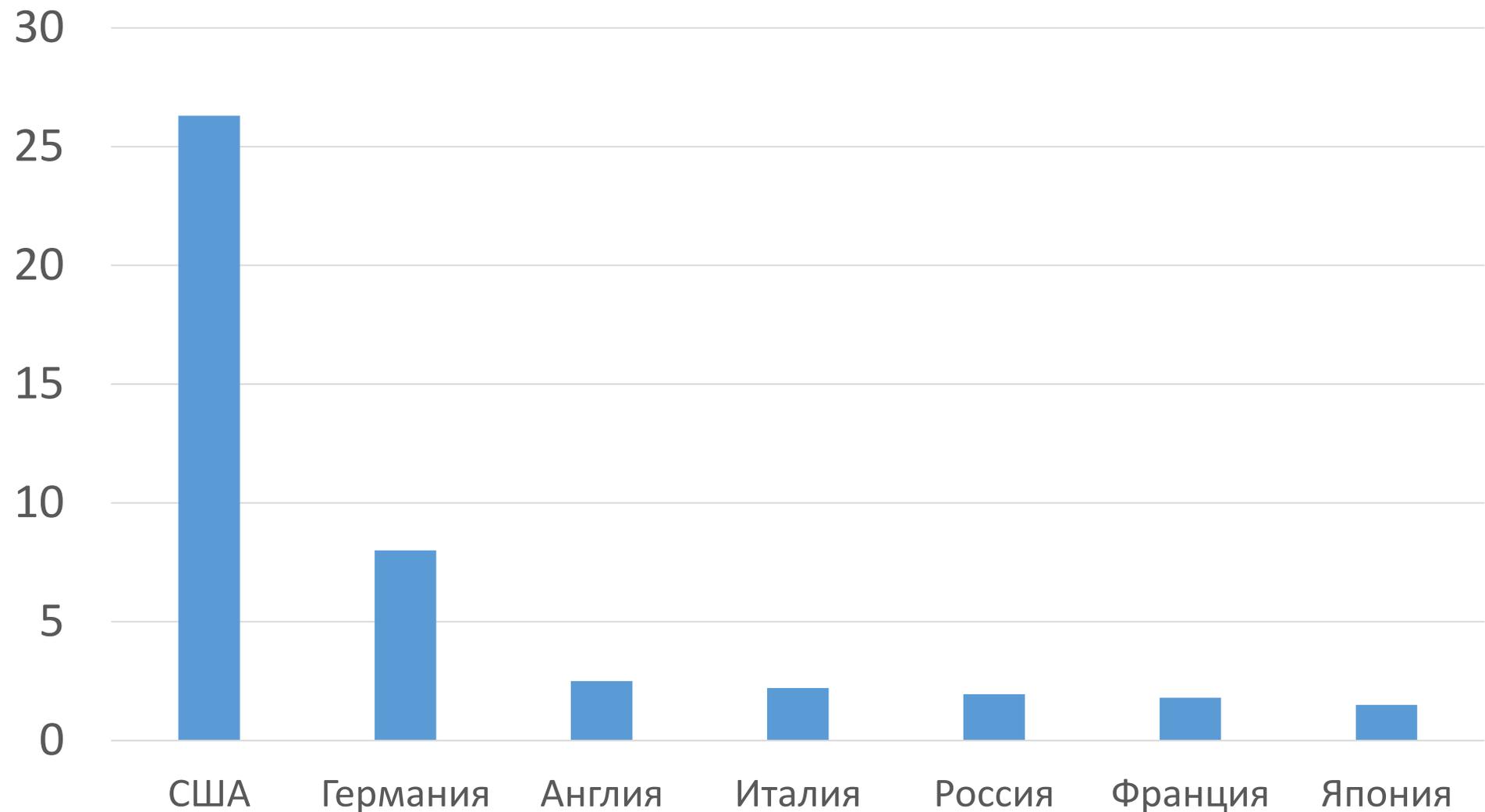
Структура производства электроэнергии, млн. кВт ч





Россия и другие страны в 1913 году

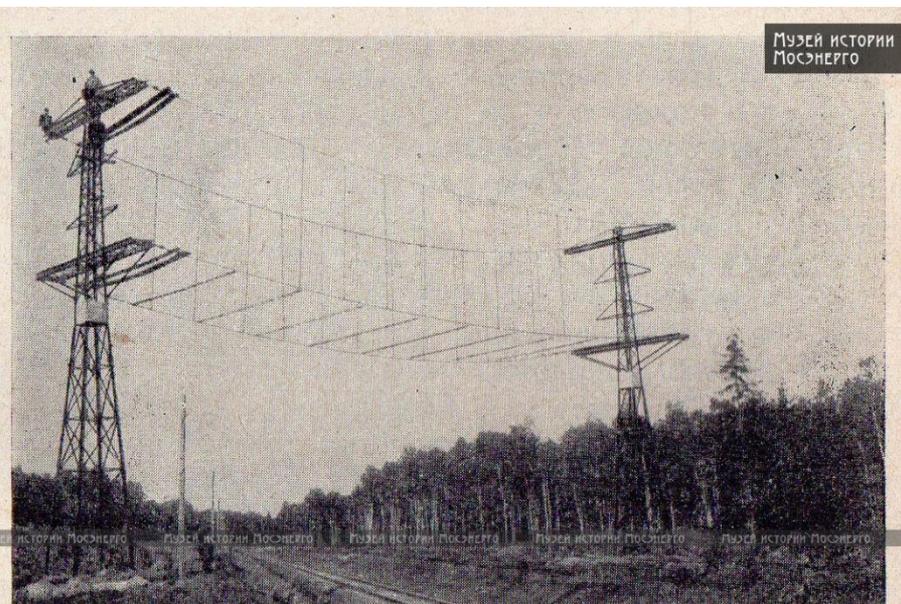
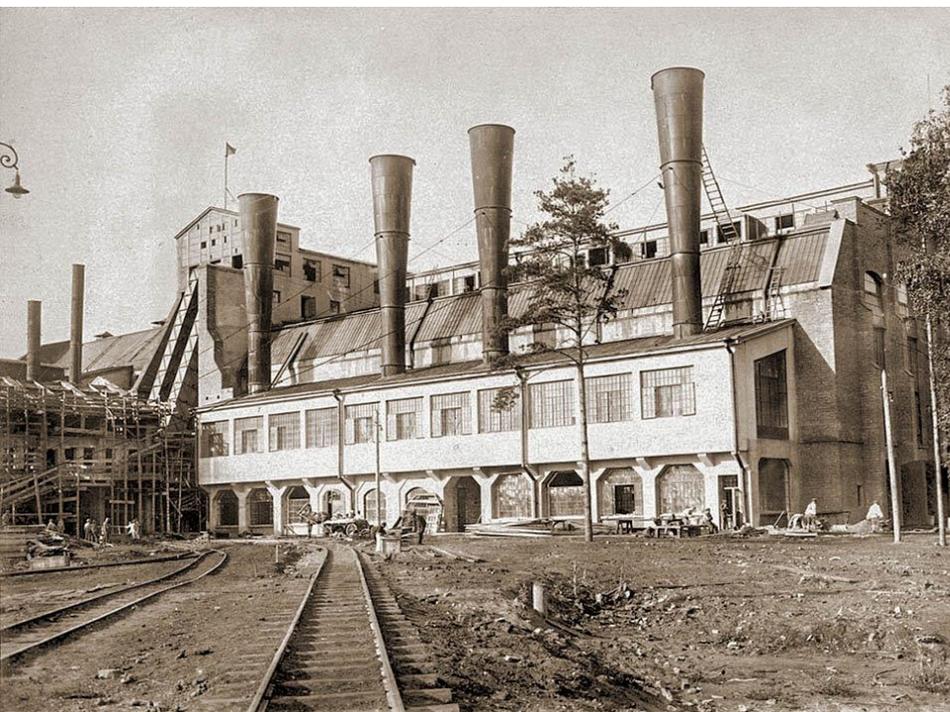
млрд. кВт ч



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**

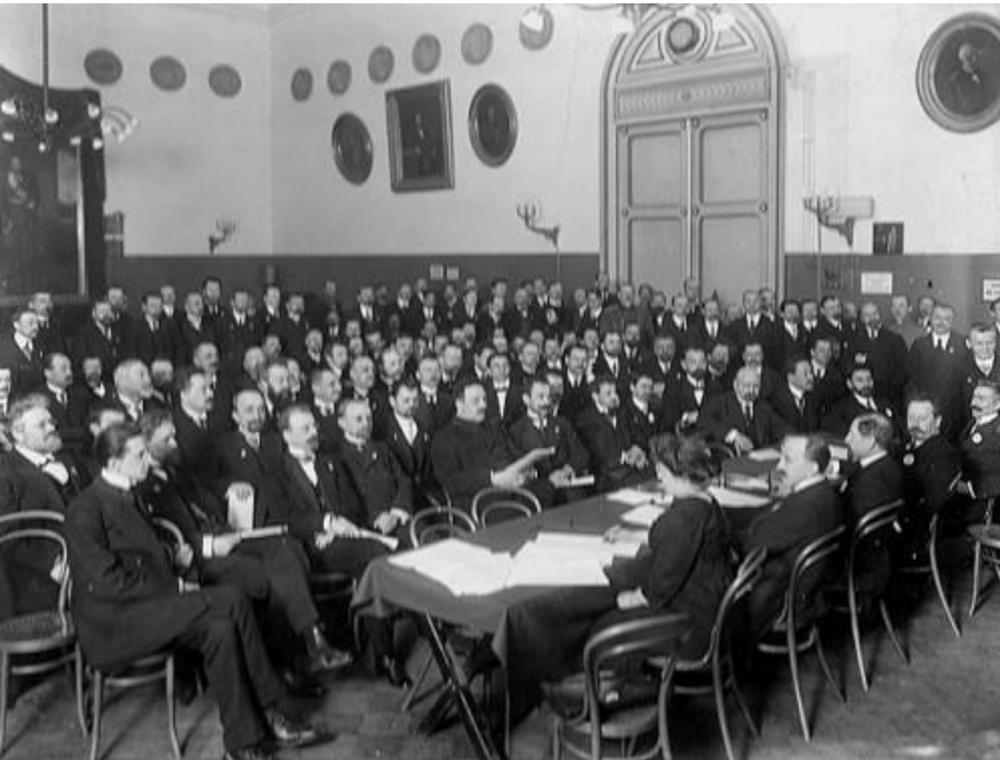
1880 год – создан VI электротехнический отдел Императорского Российского технического общества (ИРТО)

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

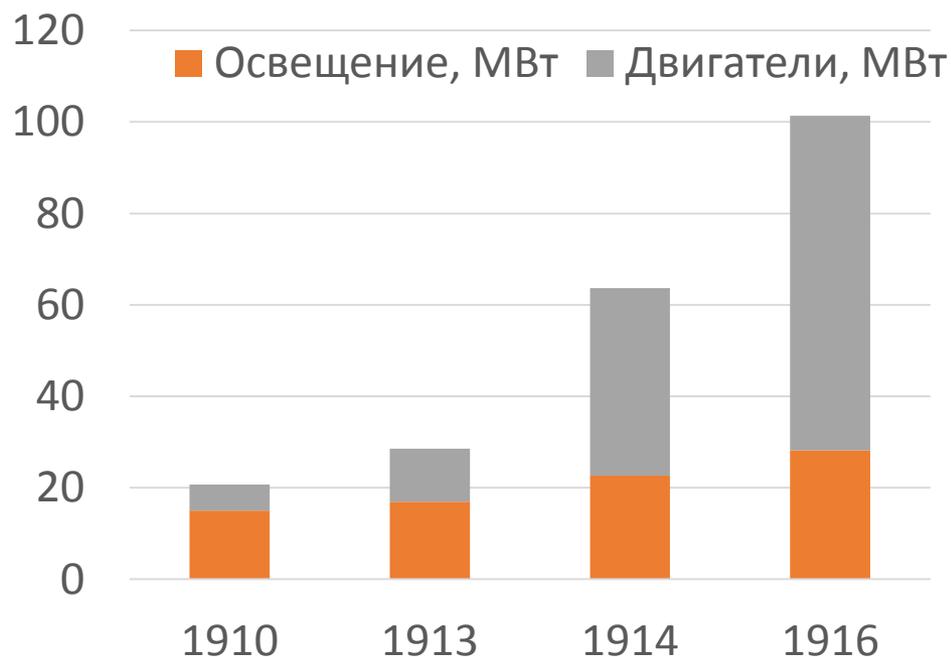
С 1899 года по 1912 прошло 7 съездов, на которых обсуждались все проблемы, связанные с теорией и практикой применения электричества, публиковались доклады, внесли неоценимый вклад в развитие российской электротехнической школы



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

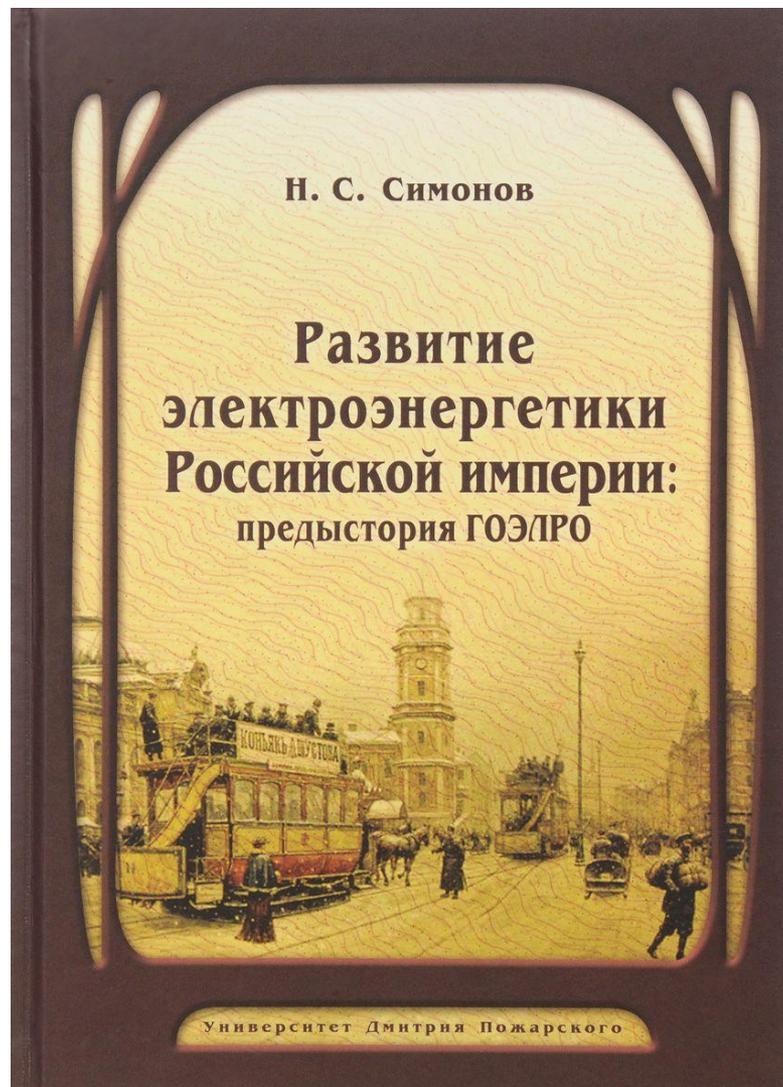
1. Практическое применение электричества в России начинается одновременно с США и с ведущими странами Европы с 1870-х годов. Изобретения Яблочкова, Чиколева и Лодыгина – фактически открывают эру электрического освещения, передачи электроэнергии и трансформации напряжения.
2. Многие электростанции создаются 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!