

# Топливный элемент: проблемы и перспективы

**О.А.Козадеров**

кандидат химических наук  
ассистент кафедры физической химии  
Воронежского государственного университета

Все иллюстрации взяты  
из открытых Интернет-источников

# Водородный автомобиль



1982 г. Первый в мире водородный микроавтобус «Квант-РАФ» (СССР)



2001 г. Автомобиль HydroGen1 (на базе Opel Zafira) корпорации General Motors (США) – рекордсмен среди машин на топливных элементах



2008 г. Городской автобус на топливных элементах (Китай)



2001 г. Автомобиль «Нива» (Россия) на топливном элементе, разработанном для космического корабля «Буран»

# Цель и средства

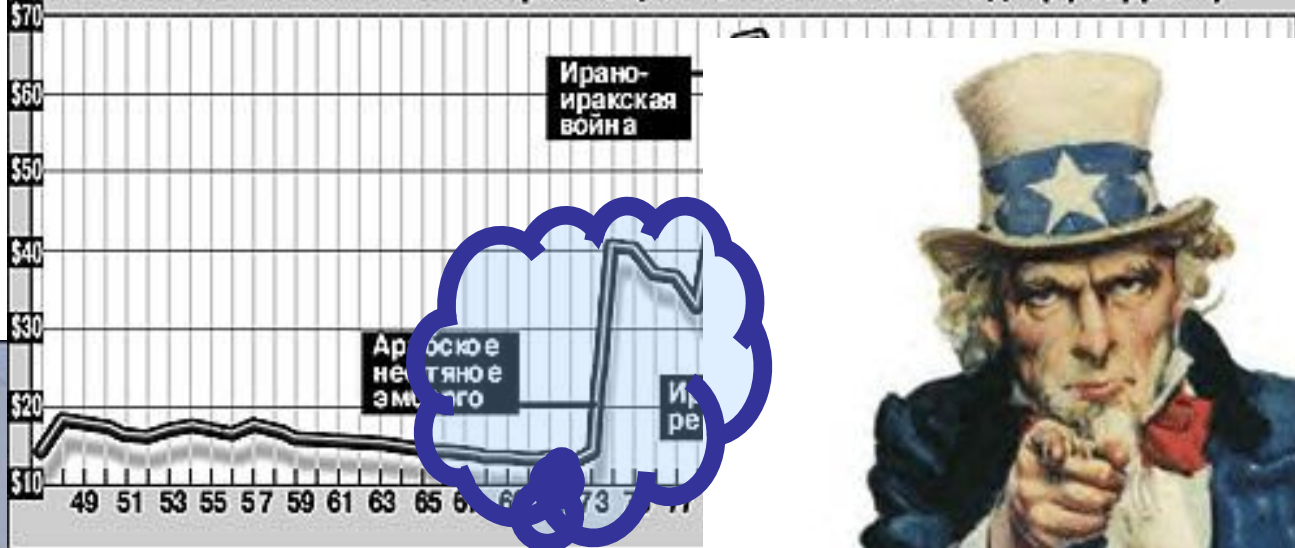
- программа бюджетных инвестиций США предполагает в ближайшие 10 лет вложить 5.5 млрд. долл. в развитие технологии топливной энергетики, промышленные компании - почти в 10 раз больше

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Автомобили	с ДВС и нейтрализатором (Еуро 3)	с энергоустановкой на топливных элементах	
Топливо	Бензин	Водород	
Расход энергии при 60 км/ч, кВтч/100 км	87,2	43,6	
Выбросы, г/км	CO	2,3	0
	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,2	0
	NO <sub>x</sub>	0,15	0
	CO <sub>2</sub>	213,0	0
	H <sub>2</sub> O	98,0	117,0

# 1973 год: нефтяное эмбарго

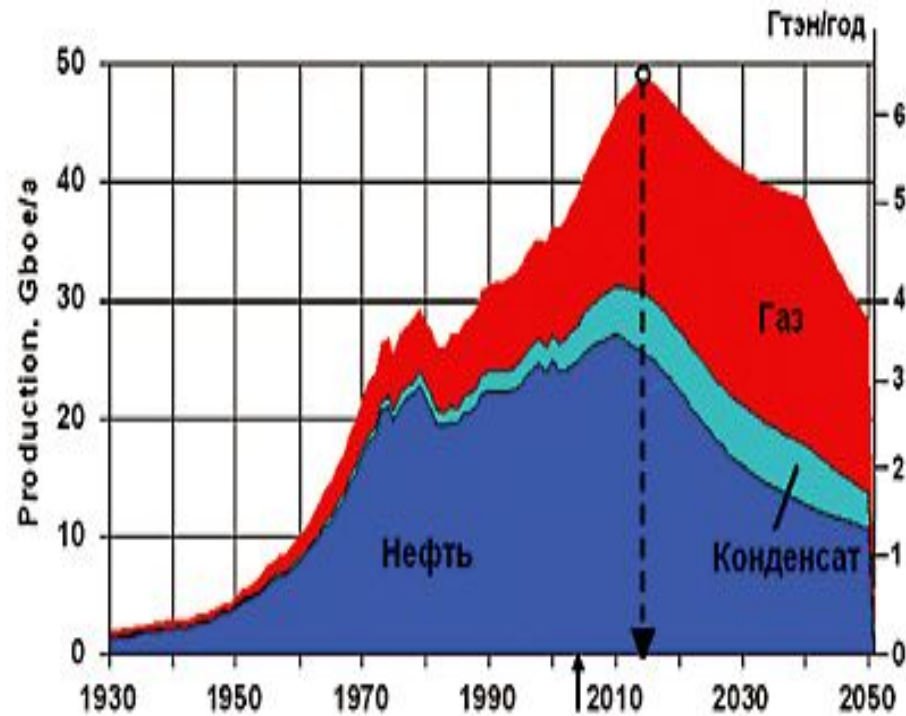
КАК КОЛЕБАЛАСЬ НЕФТЬ: мировые цены с 1947 по 2006 годы (\$/баррель)



I WANT YOUR OIL

Worth 1000.com

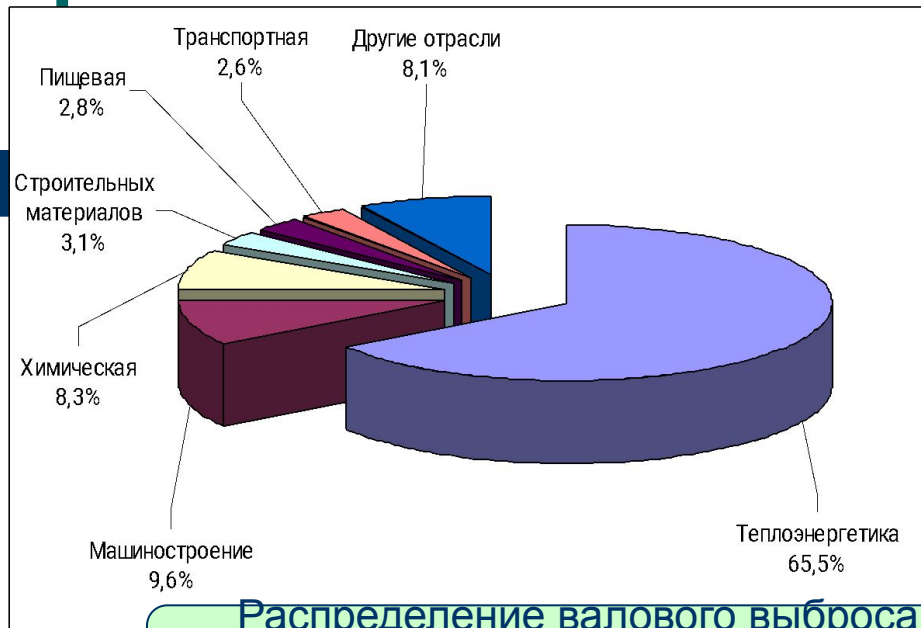
# 1974 год: экономический кризис, прогнозы истощения запасов нефти и создание Мировой водородной ассоциации



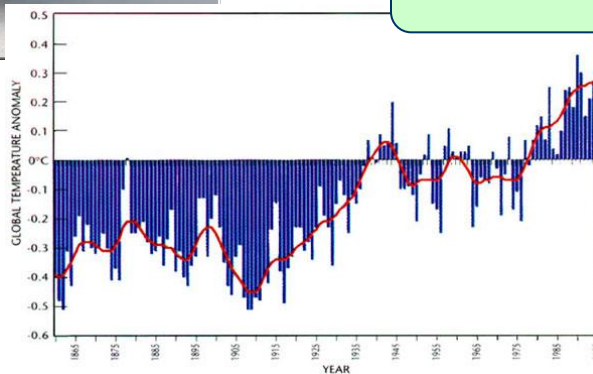
Темпы добычи  
традиционных видов топлива



# Традиционная энергетика и экология



Распределение валового выброса по отраслям промышленности (Воронеж)

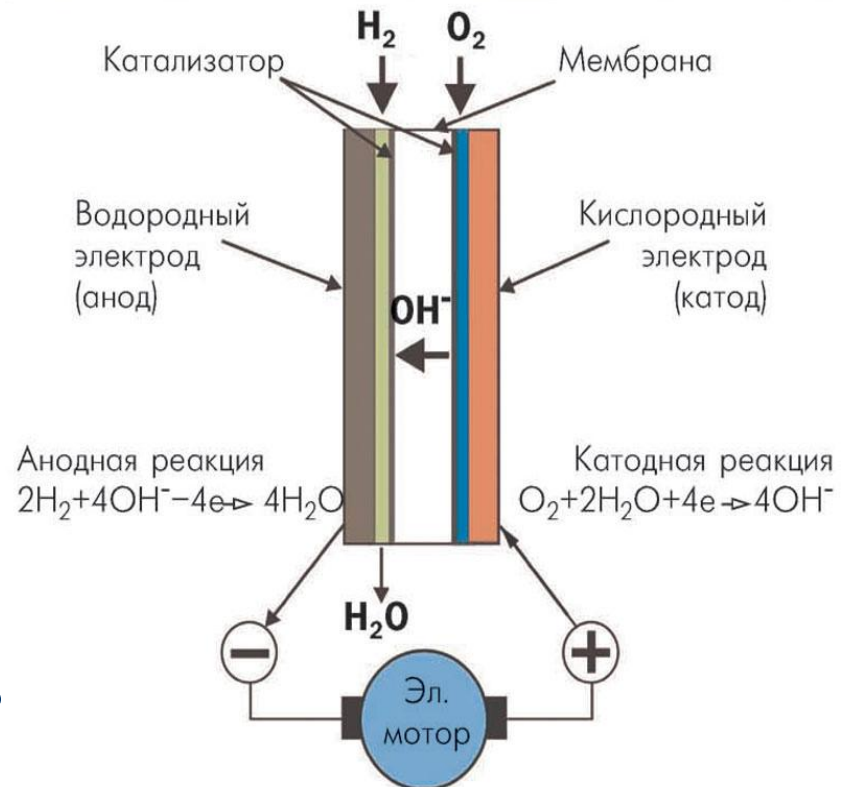


Изменение средней температуры на Земле

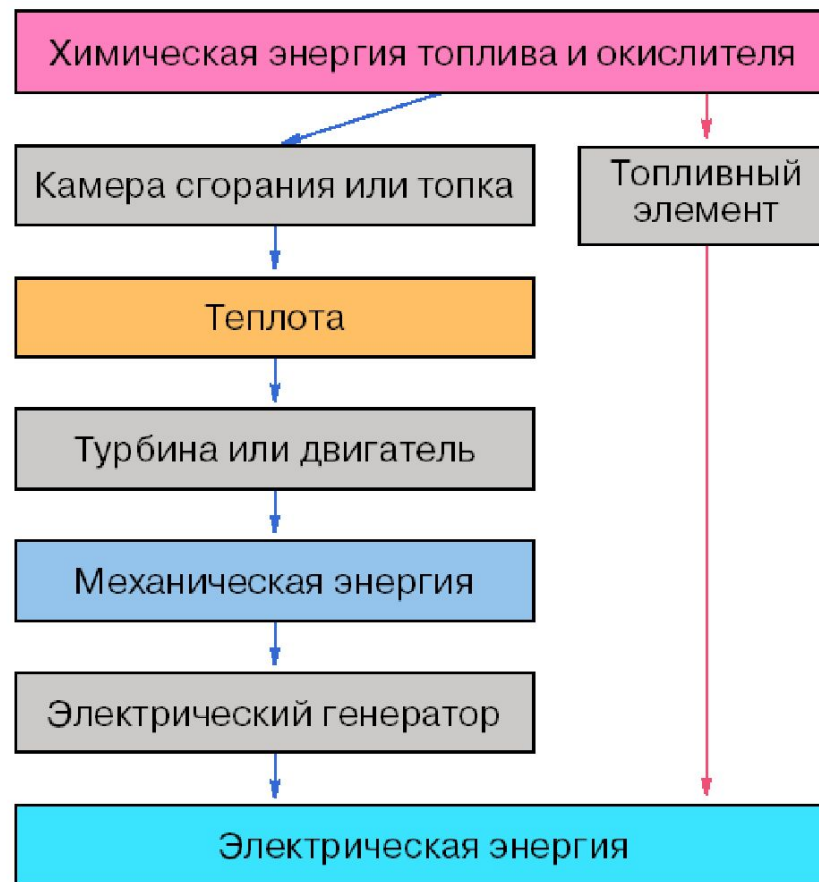
# Топливный элемент (ТЭ)

Химический источник тока, в котором электрическая энергия образуется в результате химической реакции между восстановителем и окислителем, непрерывно поступающими к электродам ТЭ извне. Продукты реакции непрерывно выводятся из топливного элемента.

## СХЕМА РАБОТЫ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА



# Преимущества электрохимического способа преобразования энергии

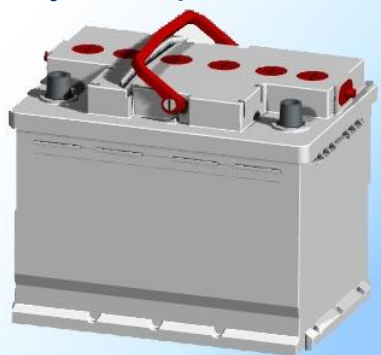




# Топливный элемент: сравнение с гальваническим элементом и аккумулятором



Гальванический элемент («батарейка») – работает, пока не израсходуются реагенты



Аккумулятор – требует периодической подзарядки

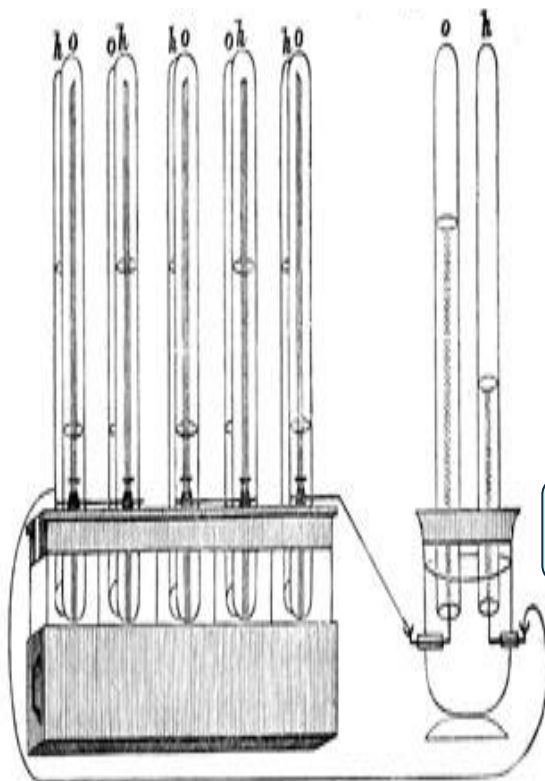


может работать неограниченное время, пока в него подаются реагенты и отводятся продукты реакции

# Открытие топливного элемента



Вильям Гроув  
(1811 – 1896)



Конструкция топливного  
элемента В.Гроува



Людвиг Монд  
(1839 – 1909)



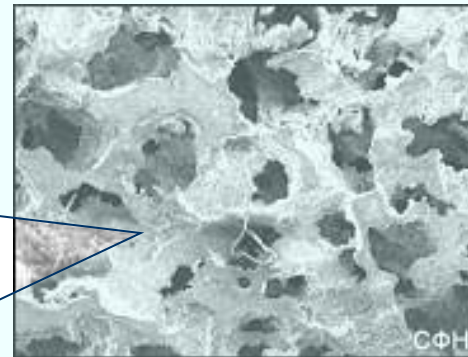
Вильгельм  
Оствальд  
(1853-1932)

# Водород – идеальное топливо для ТЭ

- химически активный
- экологически чистый – при его окислении образуется вода
- удовлетворяет условию легкого подвода в топливный элемент и отвода продуктов реакции из ТЭ
- оптимальный источник – вода, электролизом которой  $\text{H}_2$  может быть получен (процесс энергоемкий)
- сейчас водород получают за счет более дешевой переработки природного газа, основным компонентом которого является метан
$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{пар}) = 3\text{H}_2 + \text{CO}$$

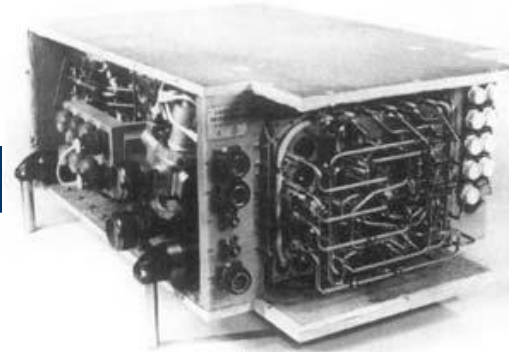
# Требования к электродам ТЭ

- обеспечение условий для большой скорости токообразующей химической реакции в ТЭ
- пористые
- каталитически активные
- универсальный материал - платина Pt
  - высокоактивна
  - долговечна
  - устойчива к коррозии и компонентам электролита.



# Низкотемпературные щелочные ТЭ

- Электролит - жидкий раствор щелочи
- материал электродов – никель (устойчив в щелочных растворах)
- Катализатор – платина
- Применение – космические и военные программы ("Аполлон", "Шаттл", "Буран")
- Коммерческое применение ограничено из-за использования платины и чистых водорода и кислорода.



Батарея щелочных топливных элементов космического корабля «Буран» (СССР)



Космический корабль «Шаттл» (США), системы обеспечения которого работали на щелочных ТЭ

# Низкотемпературные кислотные ТЭ

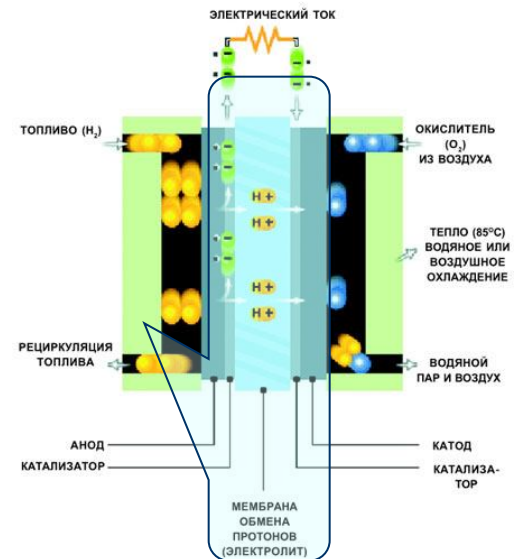
- Электролит - жидкий раствор кислоты
- Материал электродов – графит (устойчив в кислотных растворах)
- Катализатор – платина и ее сплавы
- Окислителем может служить кислород воздуха, так как компоненты воздуха химически не взаимодействуют с кислотным электролитом
- Применение – в стационарных электрогенераторных устройствах в зданиях, гостиницах, больницах, аэропортах и электростанциях
- Коммерческое применение ограничено из-за использования платины и чистого водорода





# ТЭ с твердополимерным электролитом

- Электролит – твердая полимерная ионообменная мембрана
- Материал электродов – графит
- Катализатор – платина и ее сплавы
- Восстановителем может служить метанол
- Замена жидкого агрессивного электролита на мембрану упрощает герметизацию элемента, уменьшает коррозию и обеспечивает долгий срок службы ТЭ
- Применение – на транспорте и стационарных установках небольшого размера
- Коммерческое применение ограничено из-за использования платины и высокой стоимости ионообменных мембран

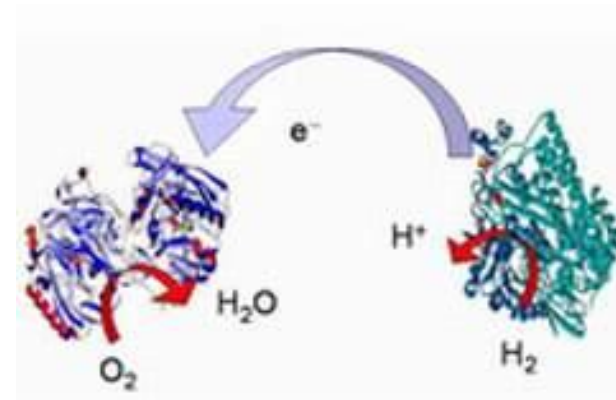


# Недостатки платиновых катализаторов

- высокая стоимость
- дефицит природных запасов платины
- платиновые электроды резко снижают свою активность ("отравляются") под воздействием примесей – каталитических ядов (например, монооксида углерода и соединений серы)

# Биотопливный элемент

- Принцип – использование природных катализаторов
- Ферменты-гидрогеназы, ответственные за окисление и образование водорода, являются уникальными эффективными неплатиновыми катализаторами для этих процессов
- Недостатки: малый срок службы и небольшая мощность



# Высокотемпературные ТЭ: ускорение реакций на электродах при значительном повышении температуры

- Тип 1

- электролит - из расплава карбонатов лития и натрия, находящийся в порах керамической матрицы
- материал катода - оксиды никеля и лития, анода – никель, легированный хромом

- Тип 2

- твердый электролит на основе оксидов циркония и иттрия
- анод из никеля, модифицированного оксидом циркония, и катод из оксидных полупроводниковых соединений

Основная проблема – коррозия электродов и других деталей ТЭ. Не приспособлены для работы в режиме частых запусков-остановок.

# Преимущества топливных элементов

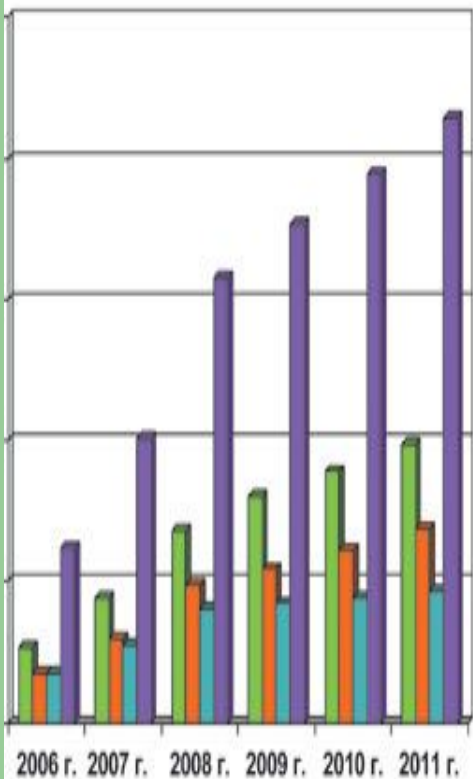
- высокий коэффициент полезного действия
- экологическая чистота
- бесшумность
- широкий диапазон мощностей и применяемого топлива
- возможность параллельной генерации тепла
- при необходимости можно использовать воду, которая является продуктом химической реакции

## Проблемы коммерциализации ТЭ

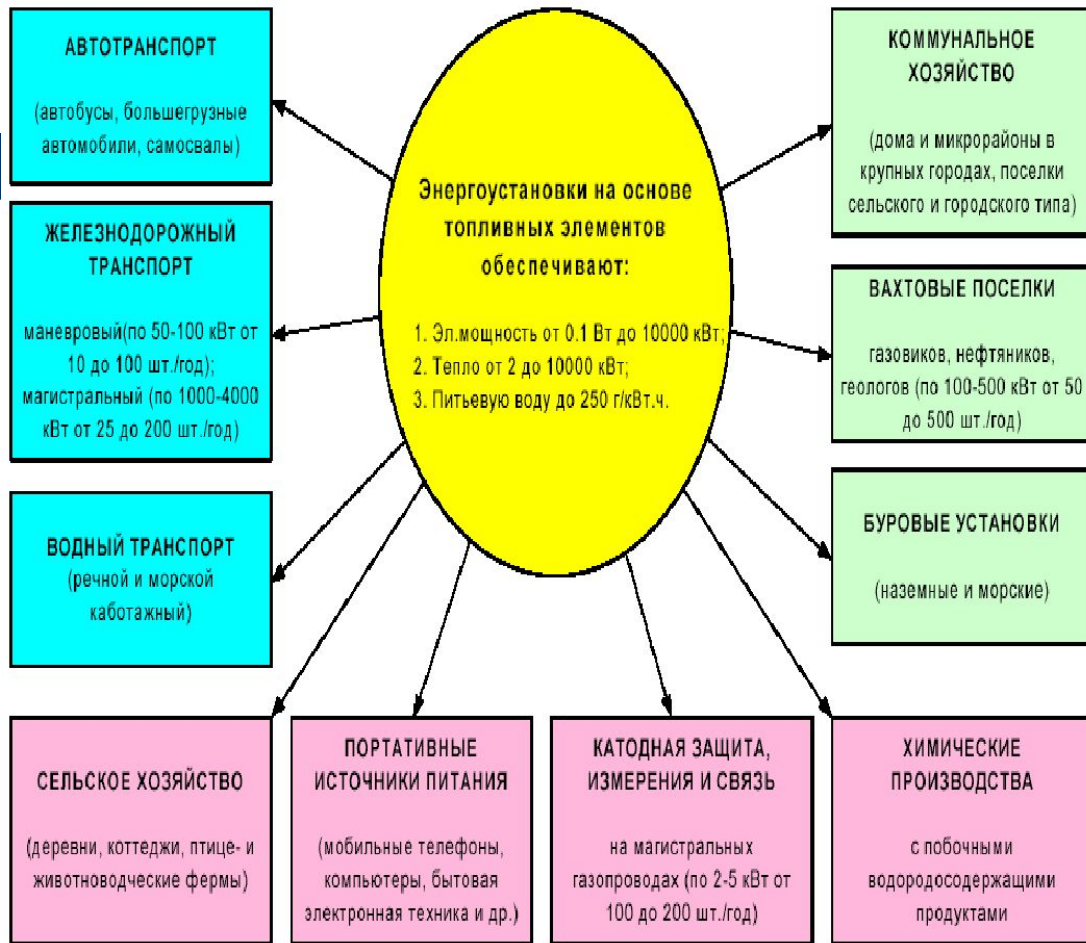
- высокая стоимость по сравнению с традиционными установками
- недостаточный срок службы



# Перспективы применения ТЭ



Рост производства топливных элементов (прогноз)



Области применения топливных элементов