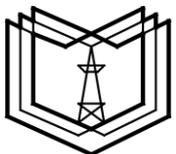


Разработка и производство «российской» водородной заправочной станции: перспектива создания автозаправочной сети

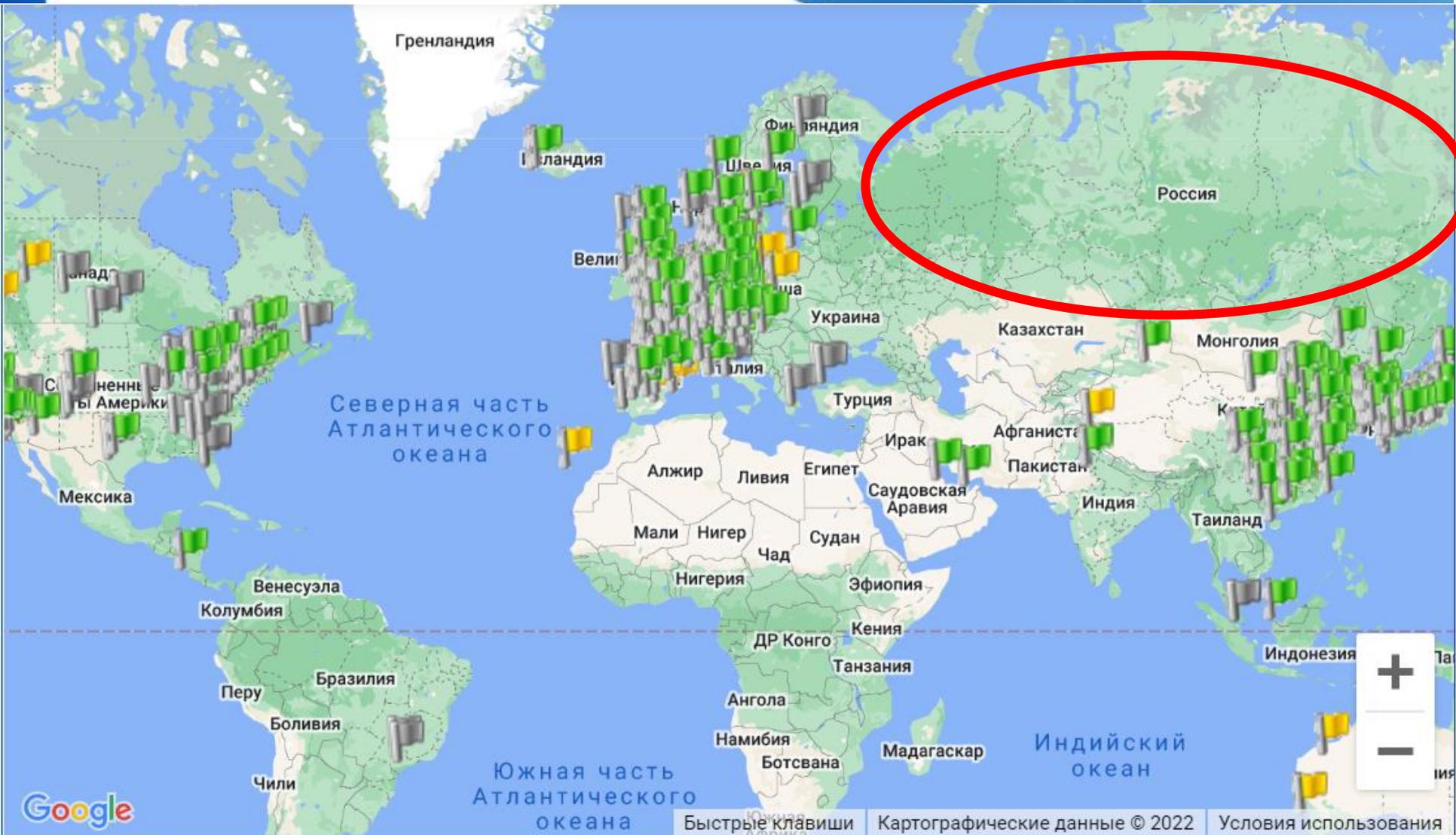
к.м.н., доцент А.А. Филимонова,
д.п.н., профессор А.В. Леонтьев,
д.х.н., профессор А.А. Чичиров,
д.х.н., профессор Н.Д. Чичирова

Кафедра химии и водородной энергетики



КГЭУ

ВЗС в режиме реального времени

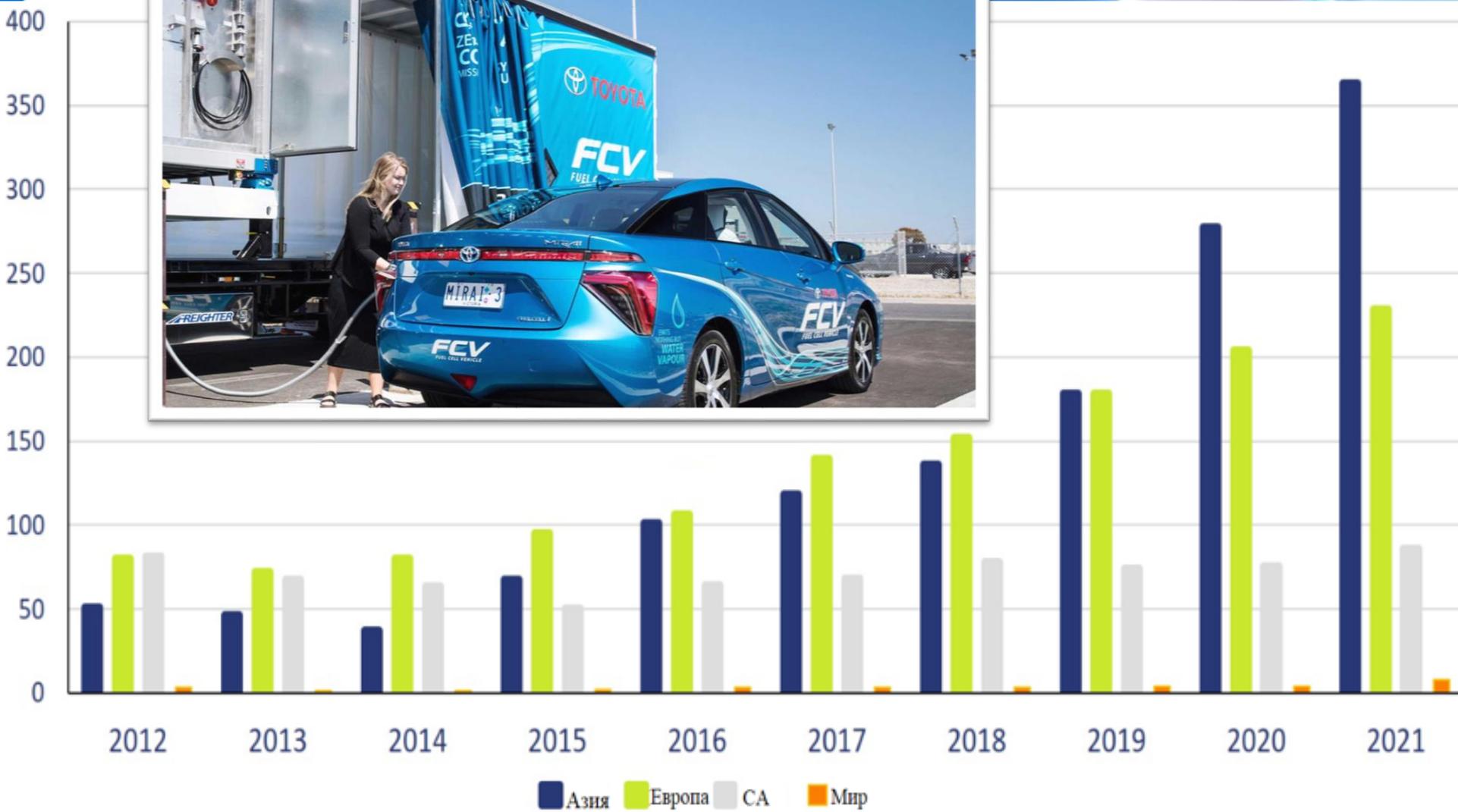


- All
- В эксплуатации
- Плановый
- Старые проекты

Динамика строительства ВЗС в мире



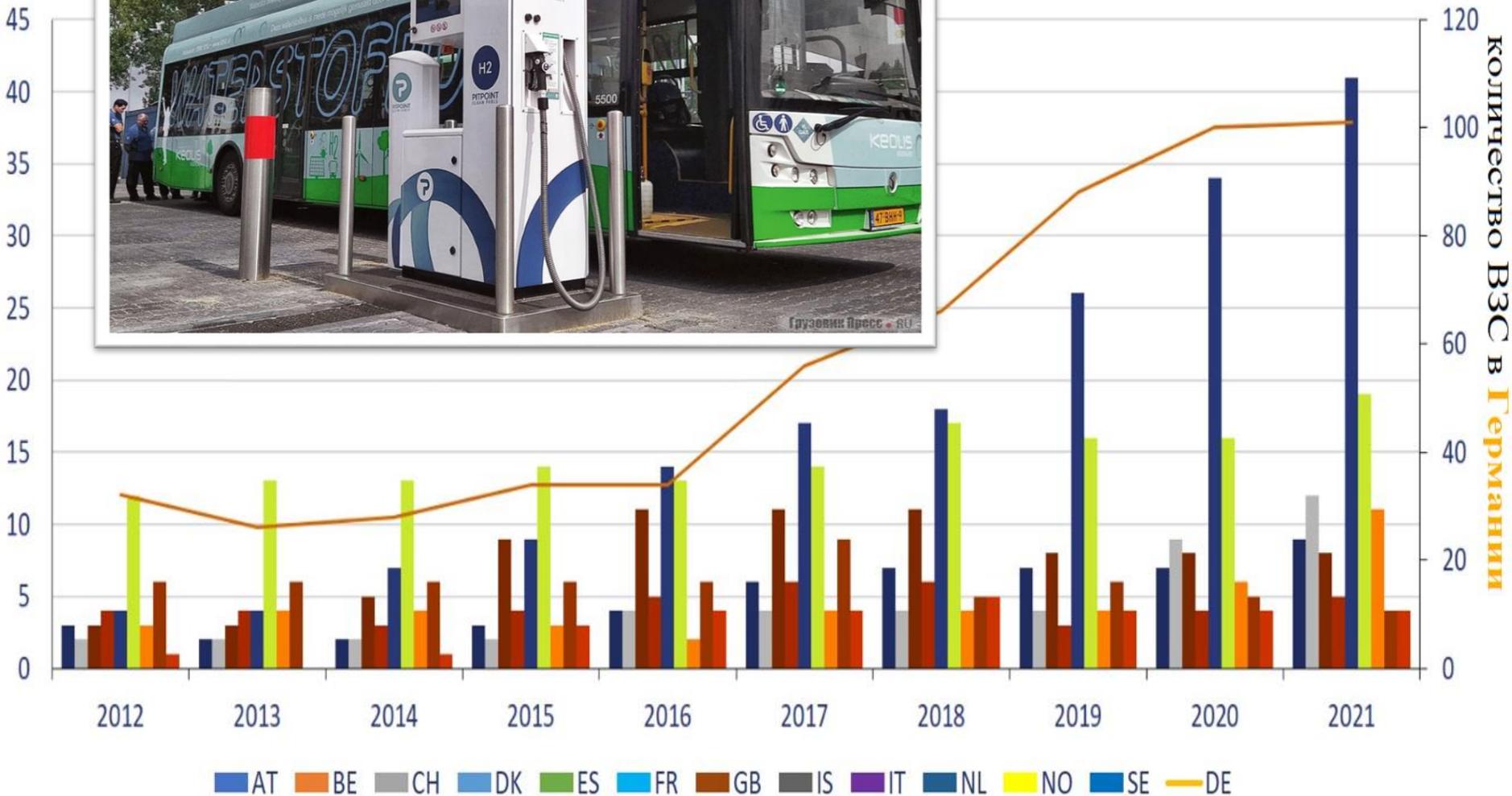
Динамика строительства ВЭС по регионам



Динамика строительства ВЗС в Европе



количество ВЗС в Европе без Германии



Технические требования к мобильным системам хранения и генерации водорода

Характеристики	Единицы измерения	Значения
Содержание водорода	wt.%	9
Запас энергии на единицу массы	кВт·ч/кг	3
Объемная плотность водорода в аккумулирующей среде	кг H ₂ /л	0,81
Запас энергии на единицу объема	кВт·ч/л	2,7
Стоимость водорода	US\$/кг	6
Стоимость энергии	US\$/кВт·ч	0,15
Рабочая температура	°C	-40...50
Количество рабочих циклов	цикл	1500
Максимальное давление	МПа	10
Чистота водорода	wt.%	99,999
Время заправки	мин	2,5



Классификация действующих ВЗС

Тип ВЗС	Производительность кг в сутки	Посещаемость ТС в сутки
Малая (текущее состояние)	35	25
Большая (текущее состояние)	110	48
Городская малая (максимально)	285	92
Городская средняя (максимально)	715	230
Городская большая (максимально)	1430	484

Инвестиционные затраты на строительство и обслуживание ВЗС

Капитальные затраты на строительство ВЗС

Производительность кг Н ₂ /день	ВЗС производством, млн. €	с ВЗС с доставкой, млн. €	Доставка сжатого Н ₂ , млн. €	Доставка жидкого Н ₂ , млн. €
100	0,9-2,6	1,0-2,6	1,1-1,8	0,7-2,1
480	1,9-4,6	1,9-5,4	1,9-2,4	1,5-2,9
1000	3,2-4,8	4,0-7,9	3,2	2,4

Средняя стоимость оборудования ВЗС

Оборудование ВЗС	Средняя ВЗС, цена тыс. €	Крупная ВЗС, цена тыс. €
Компрессор	324	480
Чиллер	162	200
Электрика	40	40
Емкости для хранения	171	240
Диспенсер	162	280
Контроль утечек	16	16
Зарплата, прочие расходы	320	350

Стоимость водорода в зависимости от способа производства на ВЗС

Производительность кг Н ₂ /день	ВЗС (электролиз), €/кгН ₂	ВЗС (риформинг), €/кгН ₂	Доставка сжатого Н ₂ , €/кгН ₂	Доставка жидкого Н ₂ , €/кгН ₂
100	7,7	6,1	10,4	10,7
400	5,1	3,6	8,6	7,2
1000	4,5	3,2	8,1	6,8

Показатели работы ВЗС

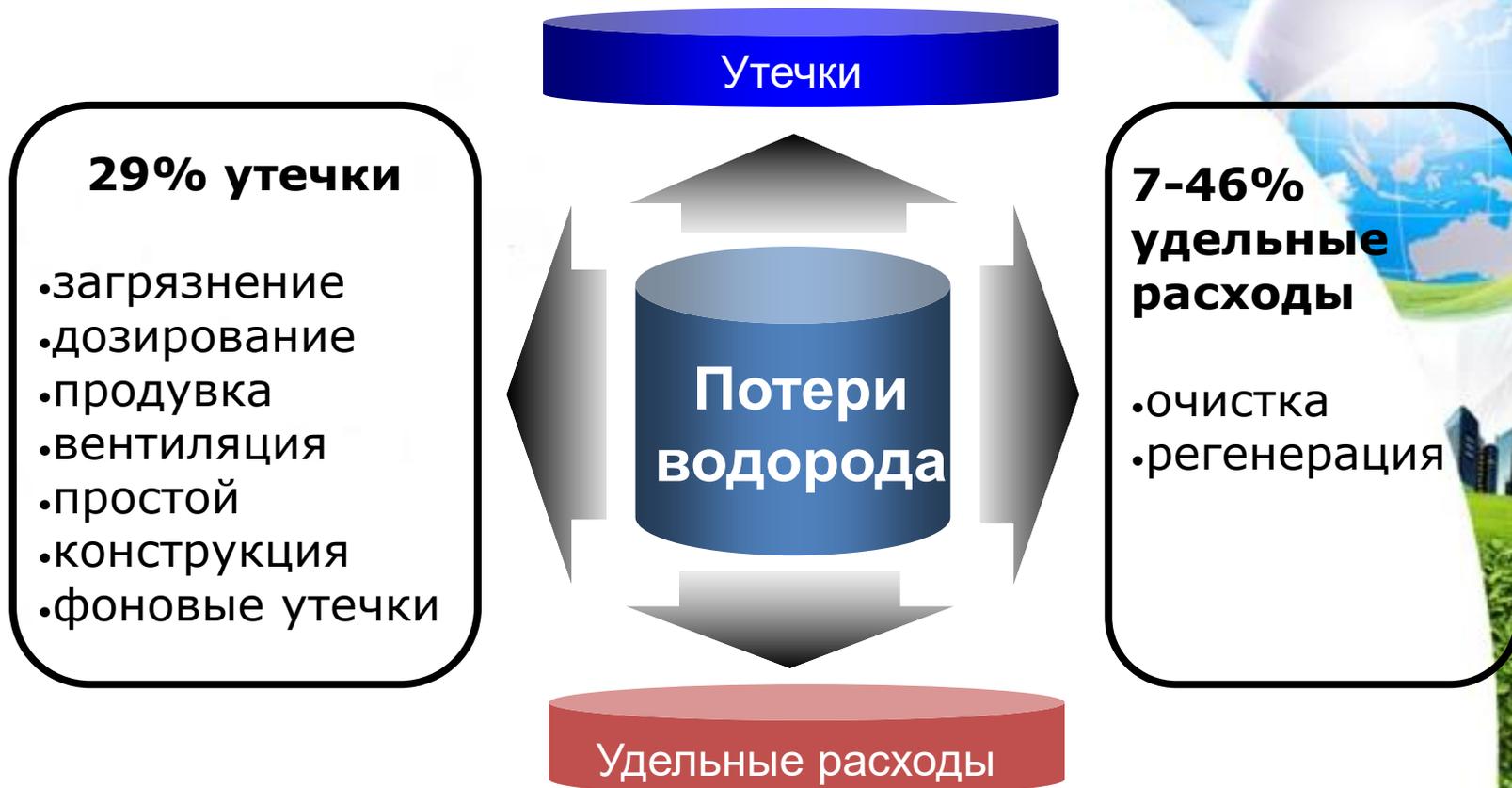
среднесуточная загрузка
ВЗС ~ 35%

среднее время
заполнения 3,6 мин
средняя скорость
заполнения 0,84 кг /
МИН



4 кг средняя заправка
10 минут на заправку

Анализ потерь водорода при работе ВЗС



Вопросы безопасности

Надежность – основная задача исследований и разработок

РФ

СП 162.1330610.2014

Свод правил - Требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода

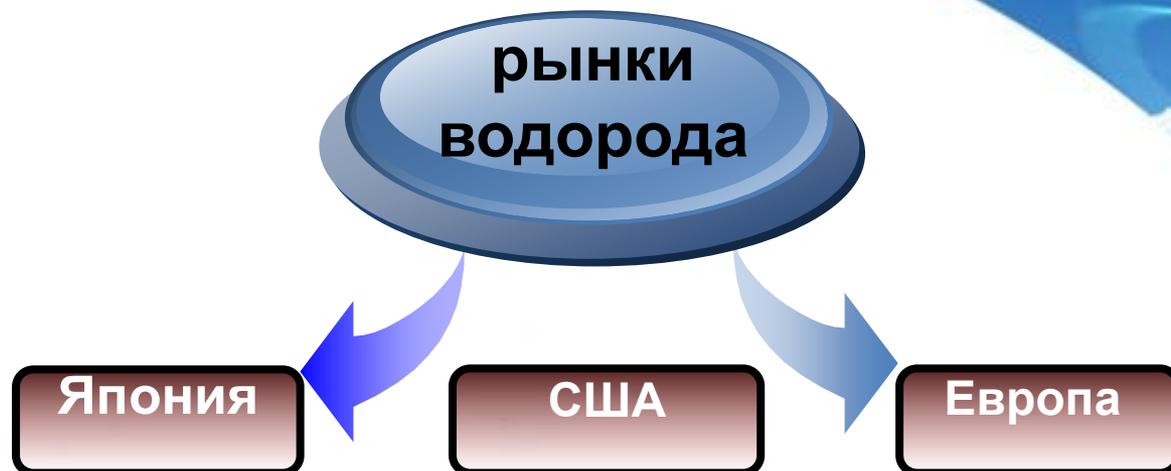
США

Национальная ассоциация противопожарной защиты (NFPA) 2
Кодекс водородных технологий

Евросоюз

Европейская Директива 2014/94

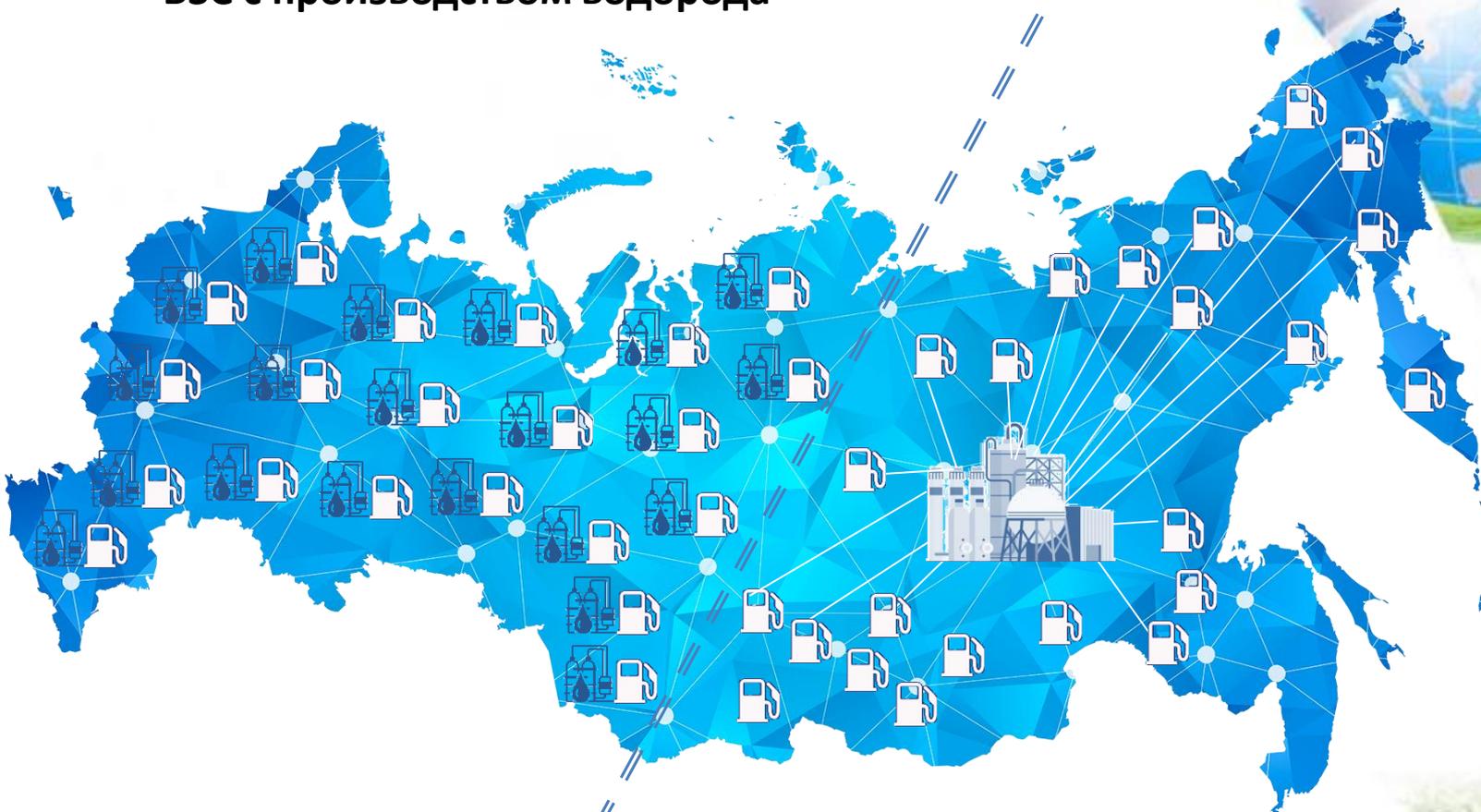
Прогнозы по строительству ВЗС



ожидания						реальность		
2020		2030		2050		2021	2030	2050
ВЗС	авто	ВЗС	авто	ВЗС	авто	ВЗС	авто	?
680	30	16	8	57	125	560	35	
	тыс.	тыс.	млн.	тыс.	млн.		тыс.	

Виды водородных заправочных станций

ВЗС с производством водорода



ВЗС с доставкой водорода



ВЗС Калифорнийского государственного университета

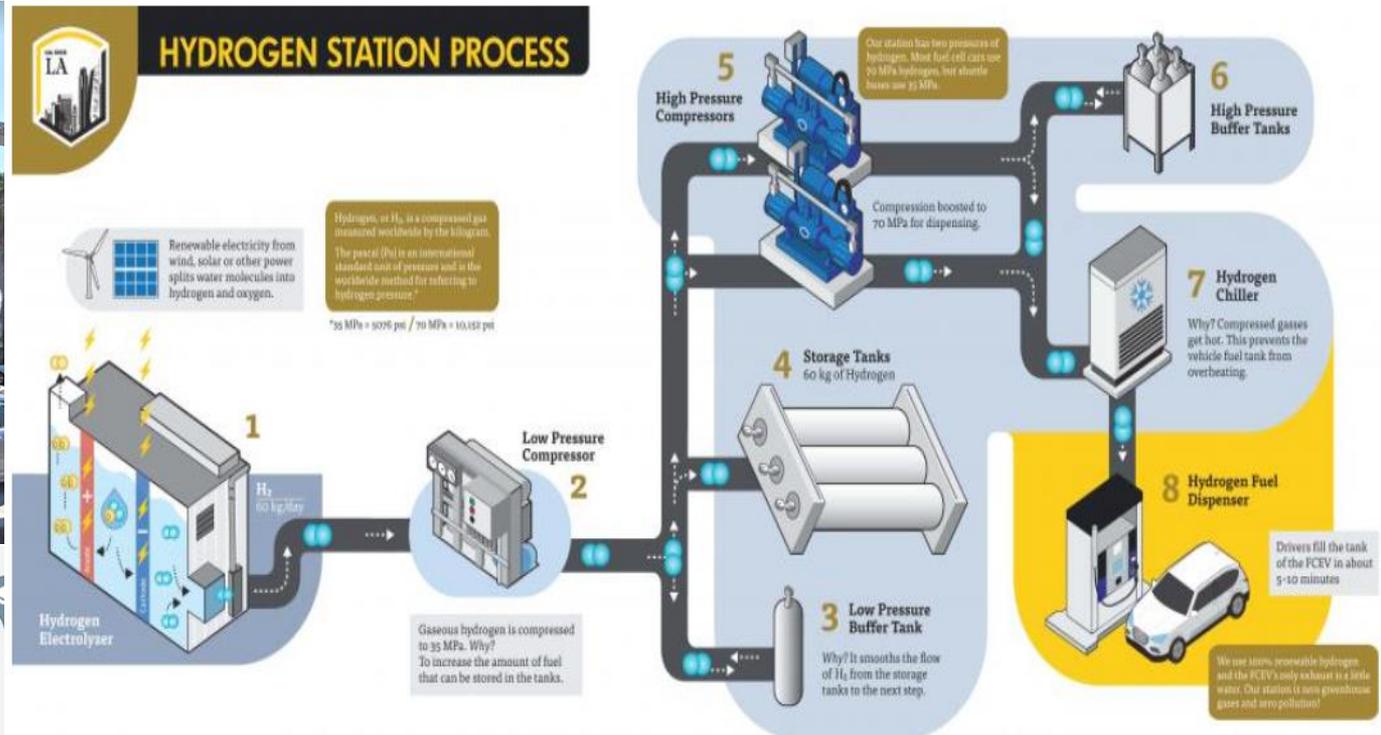


Cal State LA
City Bookstore
Книжный магазин

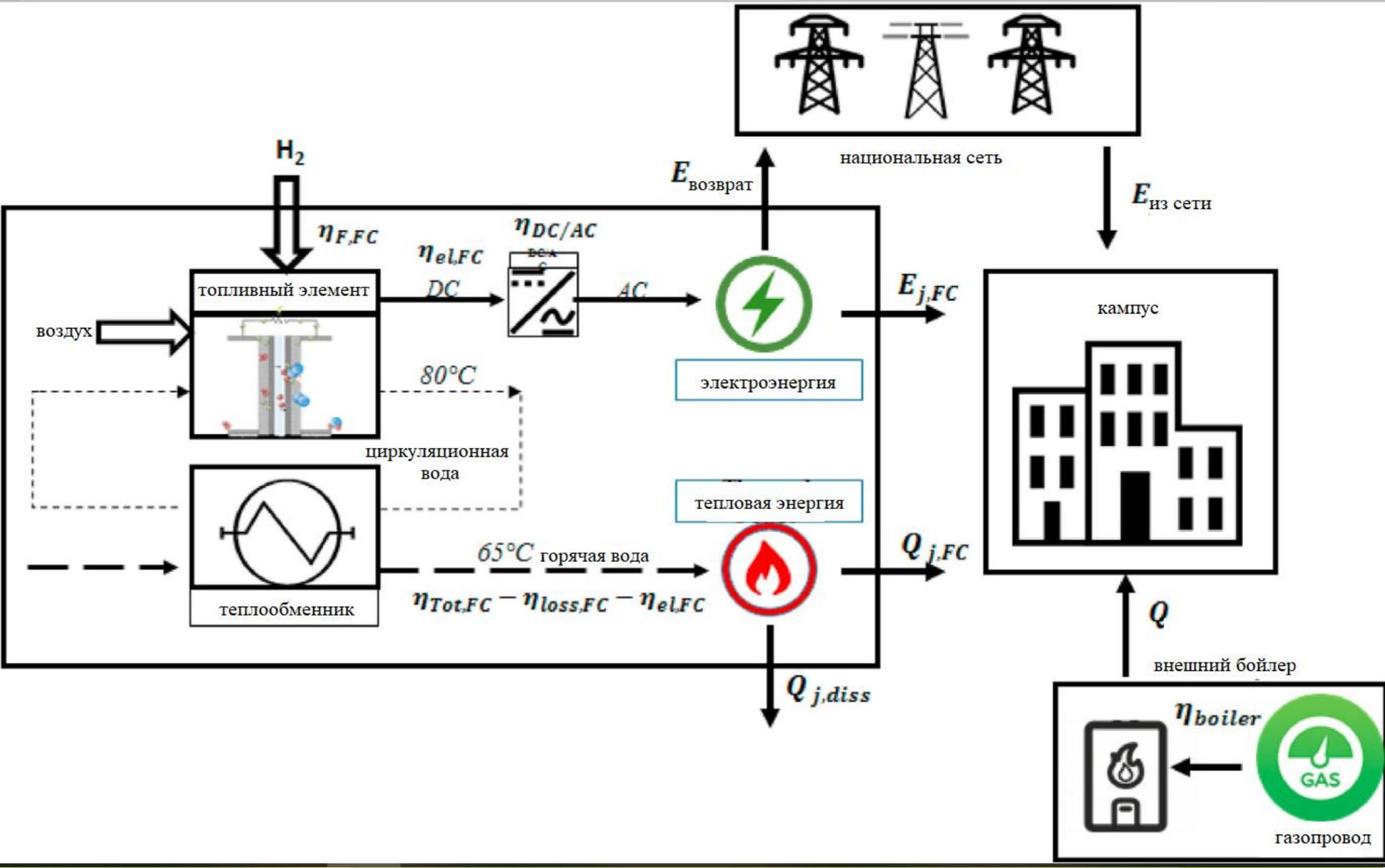
Калифорния
Стейт
Юниверсити,
Лос-Анджелес
California
State
University,
Los Angeles

Cal State LA
Hydrogen Station
ASC

Джесси Оуэнс
Трек энд Филд
Jesse Owens
Track and Field



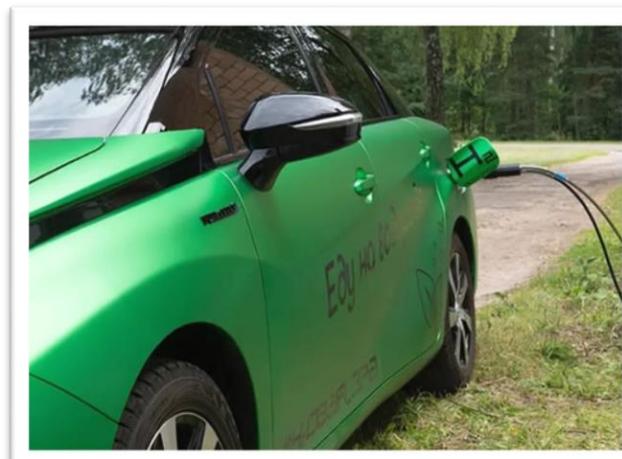
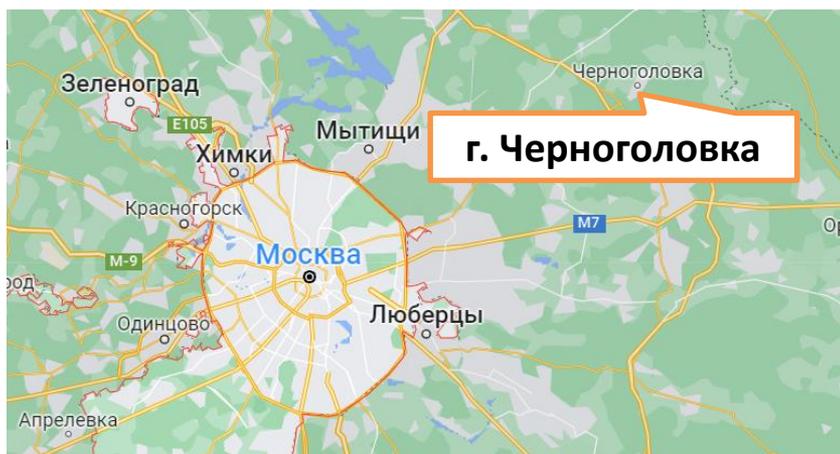
Smart H₂ Grid Университета Калабрии в Южной Италии



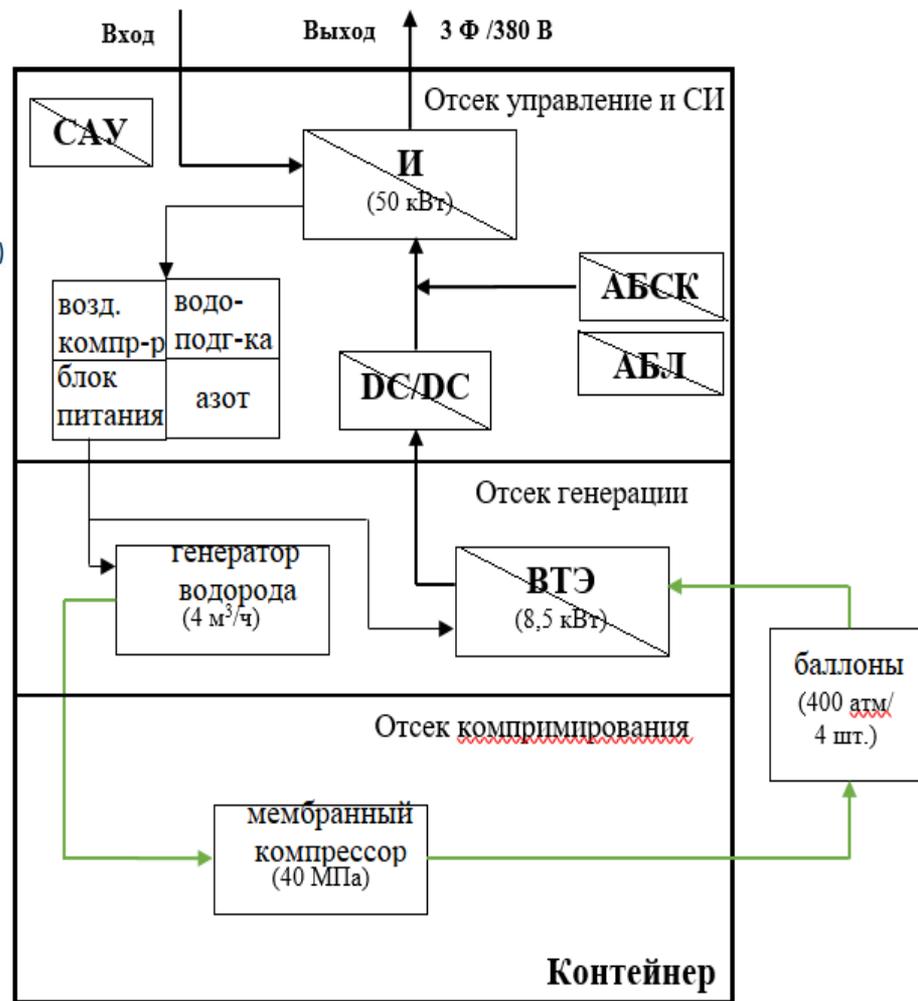
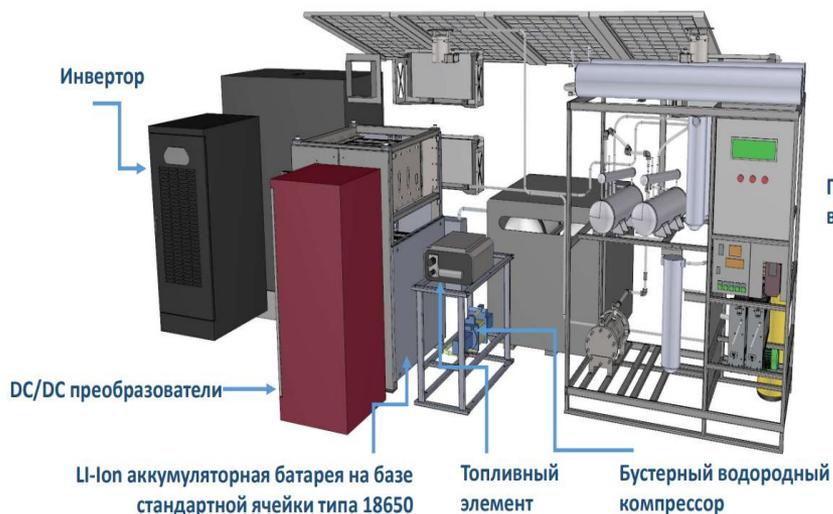
ВЗС

г. Черноголовка

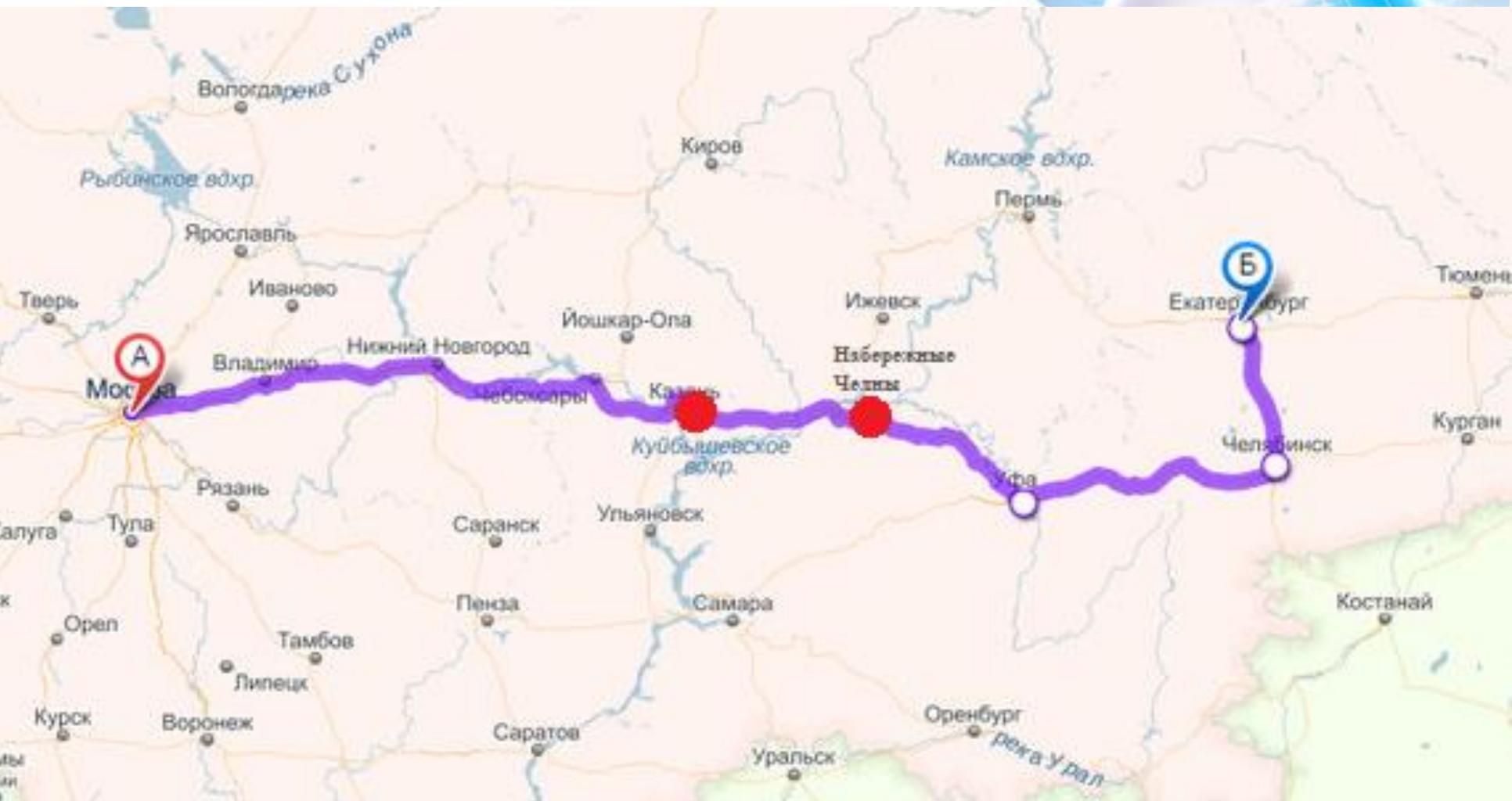
Институт проблем химической физики РАН



Блок-схема гибридного накопителя энергии на водороде КГЭУ



ВЗС в Татарстане-трасса М12



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

