



V ВСЕРОСИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ»

Производство полного цикла на примере РЗМ: от добычи до энергоперехода

Яценко Виктор Анатольевич

Старший научный сотрудник

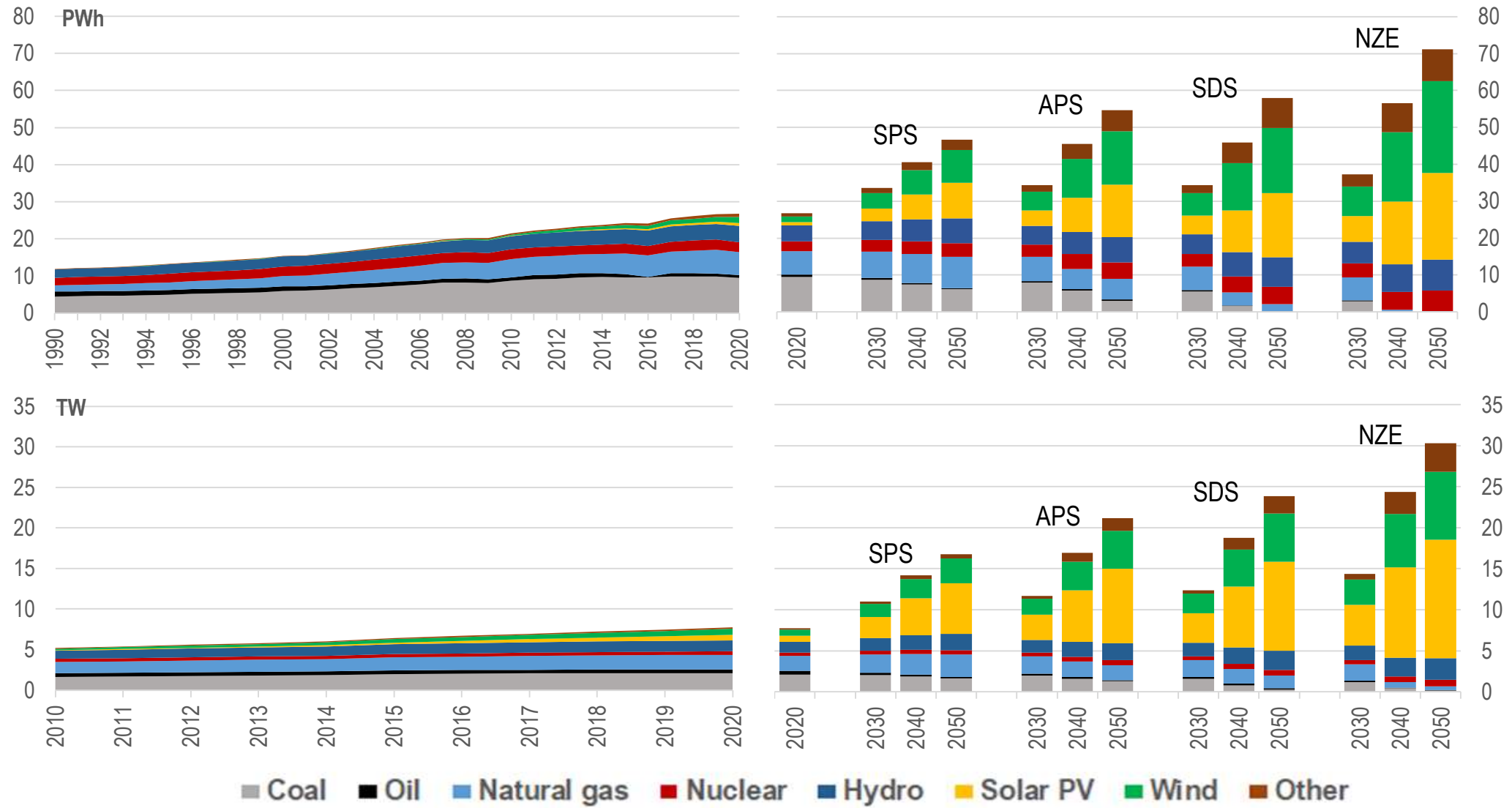


Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН

Центр ресурсной экономики

г. Сергиев Посад, 22-24 марта 2023 г.

Производство электроэнергии в мире за 1990-2020 гг. (сверху), объём установленной мощности за период 2010-2020 гг. (снизу) и сценарии прогноза согласно данным IEA до 2050 г



Other includes Hydrogen and ammonia, CSP, Geothermal, Marine and Battery storage.

Источник: доклад Международного энергетического агентства (IEA) «World Energy Outlook 2021»

Производство электроэнергии по странам за 2020 г. (первый столбец), рост (второй столбец) и совокупный среднегодовой темп роста (третий столбец) за период 2010-2020 гг.

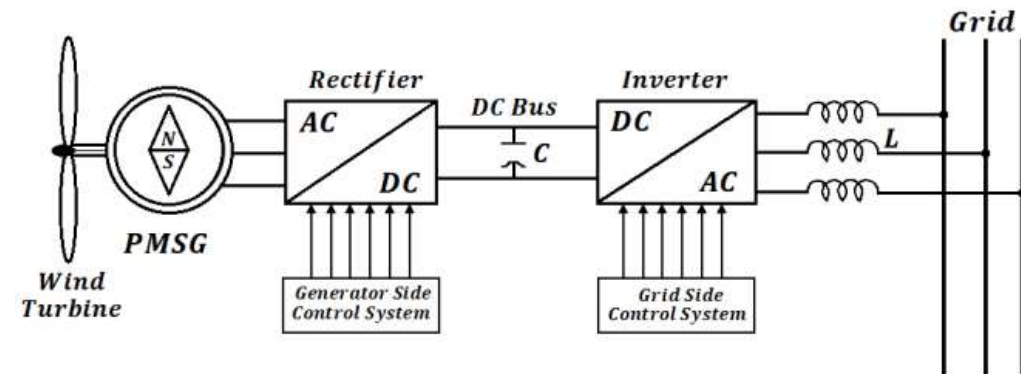
	Electricity			Renewables			Wind			Solar PV		
	2020	2010-2020		2020	2010-2020		2020	2010-2020		2020	2010-2020	
	TWh	TWh	%	TWh	TWh	%	TWh	TWh	%	TWh	TWh	%
Total generation	26 762	5 244	2,0%	7 593	3 342	5,4%	1 595	1 253	15,0%	833	801	34,5%
China	7 787	3 551	5,7%	2 222	1 431	9,8%	471	426	23,8%	270	269	66,4%
India	1 609	637	4,7%	360	200	7,7%	68	48	11,8%	64	64	79,9%
Japan	1 003	-161	-1,3%	234	119	6,7%	8	4	6,5%	79	75	31,2%
United States	4 243	-111	-0,6%	842	390	4,4%	340	245	10,0%	117	114	18,0%
European Union	2 757	-200	-0,6%	1 082	410	4,4%	398	258	10,0%	142	119	18,0%
Brazil	605	89	1,5%	515	78	1,5%	57	55	35,6%	8	8	48,9%
Russia	1 057	21	0,2%	195	25	1,3%	1	1	81,7%*	2	2	92,2%**

* - за период 2015-2020 гг., ** - за период 2014-2020 гг.

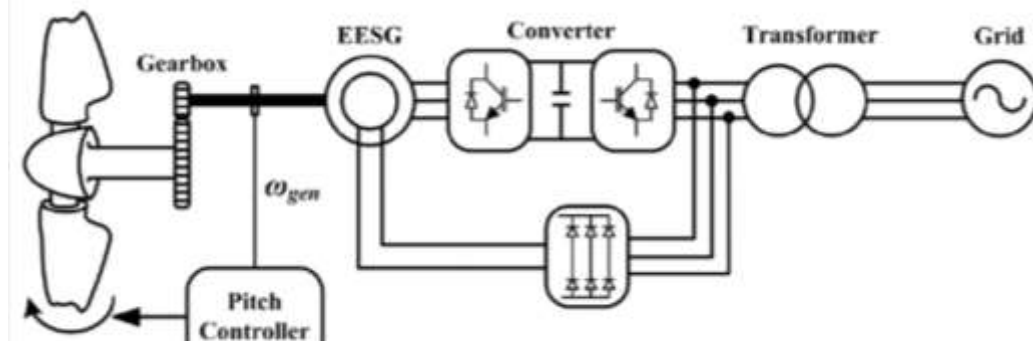
Расположение ВЭУ определяет топология силовых преобразователей и электрических машин

- устанавливают коробку передач между ротором с лопастями (угол атаки которых также можно менять) и генератором, тормоз на валу;
- в зависимости от установленной машины устанавливают различные топологии силовых преобразователей
- в зависимости от типа ВЭУ используют синхронные или асинхронные машины (асинхронный генератор двойного питания с коробкой передач (GB-DFIG), синхронный генератор с постоянными магнитами с коробкой передач (GB-PMSG), синхронный генератор с постоянными магнитами без коробки передач (DD-PMSG) и синхронный генератор с электрическим возбуждением (с фазным ротором) без коробки передач (DD-EESG)).

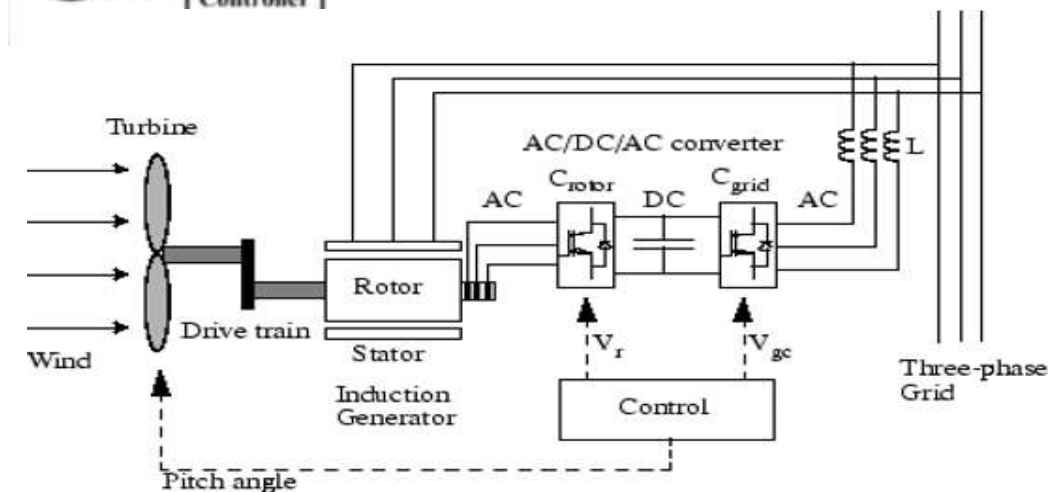
PMSG



EESG



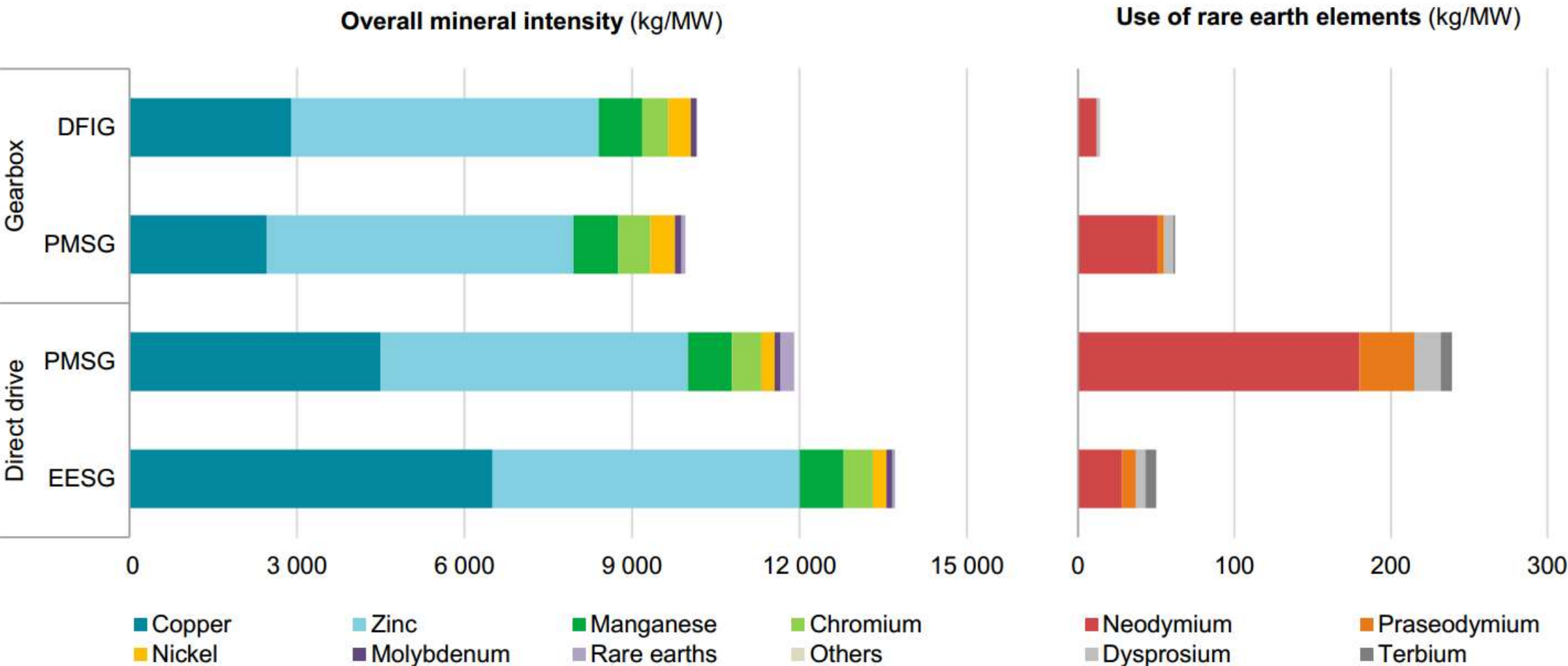
DFIG



Эксплуатирующиеся в России ВЭС (от 2,5 МВт) на конец 2021 г.

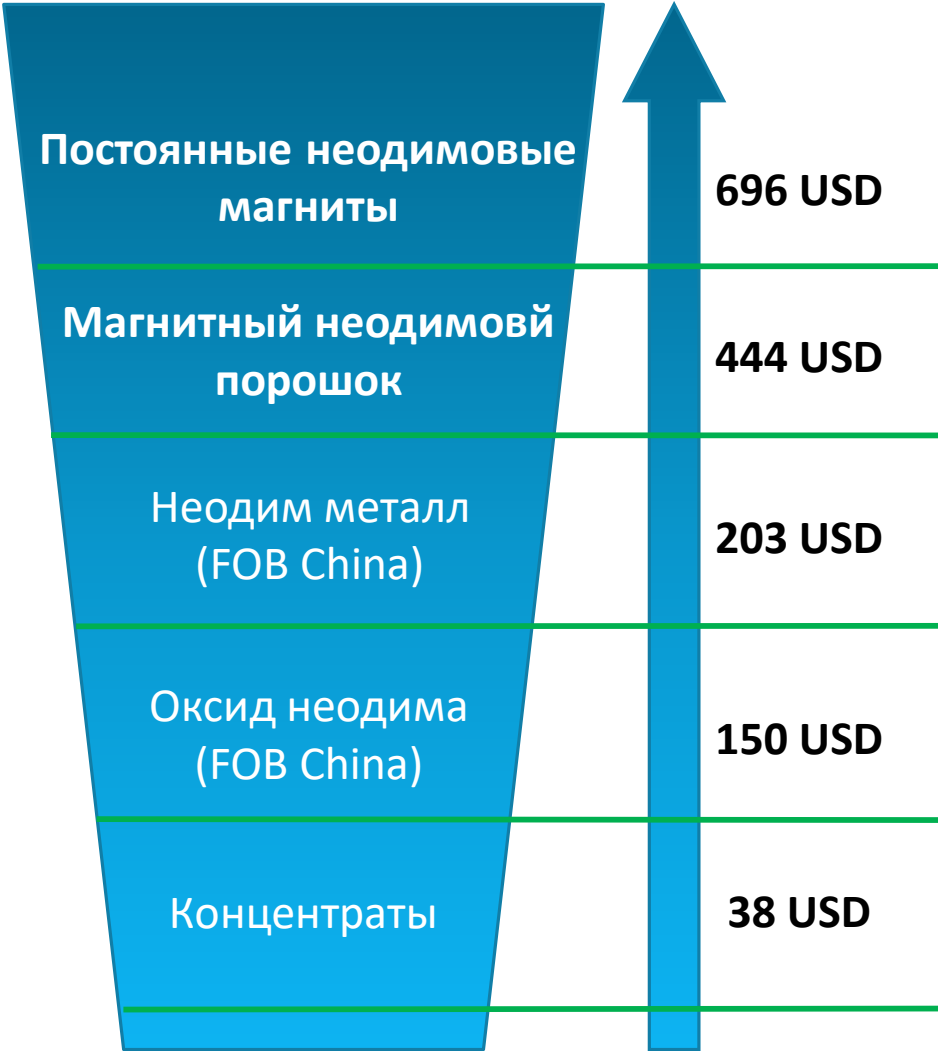
№	Название	Мощность ВЭС	Кол-во ВЭУ	Модель ВЭУ	Собственник	Расположение	
		МВт	Шт.	Марка	МВт		
1	Сулинская ВЭС	98,8	26	VESTAS V-126–H87	3,8	ФРВ	Ростовская область
2	Каменская	98,8	26	VESTAS V-126–H87	3,8	ФРВ	Ростовская область
3	Гуковская ВЭС	98,8	26	VESTAS V-126–H87	3,8	ФРВ	Ростовская область
4	Казачья ВЭС-1	50,4	12	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Ростовская область
5	Казачья ВЭС-2	50,4	12	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Ростовская область
6	Азовская ВЭС	90,09	26	SG 3.4-132	3,5	Энел Россия	Ростовская область
7	Марченковская ВЭС	120	48	LP2 L100-2,5	2,5	НоваВинд	Ростовская область
8	Целинская ВЭС	100,8	24	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Республика Калмыкия
9	Салынская ВЭС	100,8	24	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Республика Калмыкия
10	Ульяновская ВЭС-1	35	14	LP2 L100-2,5	2,5	ФРВ	Ульяновская область
11	Ульяновская ВЭС-2	50,4	14	VESTAS V-126–H87	3,6	ФРВ	Ульяновская область
12	Кочубеевская ВЭС	210	84	LP2 L100-2,5	2,5	НоваВинд	Ставропольский край
13	Кармалиновская ВЭС	60	24	LP2 L100-2,5	2,5	НоваВинд	Ставропольский край
14	Бондаревская ВЭС	120	48	LP2 L100-2,5	2,5	НоваВинд	Ставропольский край
15	Медвеженская ВЭС	60	24	LP2 L100-2,5	2,5	НоваВинд	Ставропольский край
16	Адыгейская ВЭС	150	60	LP2 L100-2,5	2,5	НоваВинд	Республика Адыгея
17	Холмская ВЭС	88,2	21	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Астраханская область
18	Излучная ВЭС	88,2	21	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Астраханская область
19	Манланская ВЭС	75,6	18	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Астраханская область
20	Черноярская ВЭС	37,8	9	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Астраханская область
21	Старицкая ВЭС	50,4	12	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Астраханская область
22	Котовская ВЭС	88,2	21	VESTAS V-126–H87	4,2	ФРВ	Волгоградская область
	Другие	120,7	768				
ИТОГО		2 043,4	1362				

Потребность в минерально-сырьевых ресурсах для разных типов генераторов ВЭУ

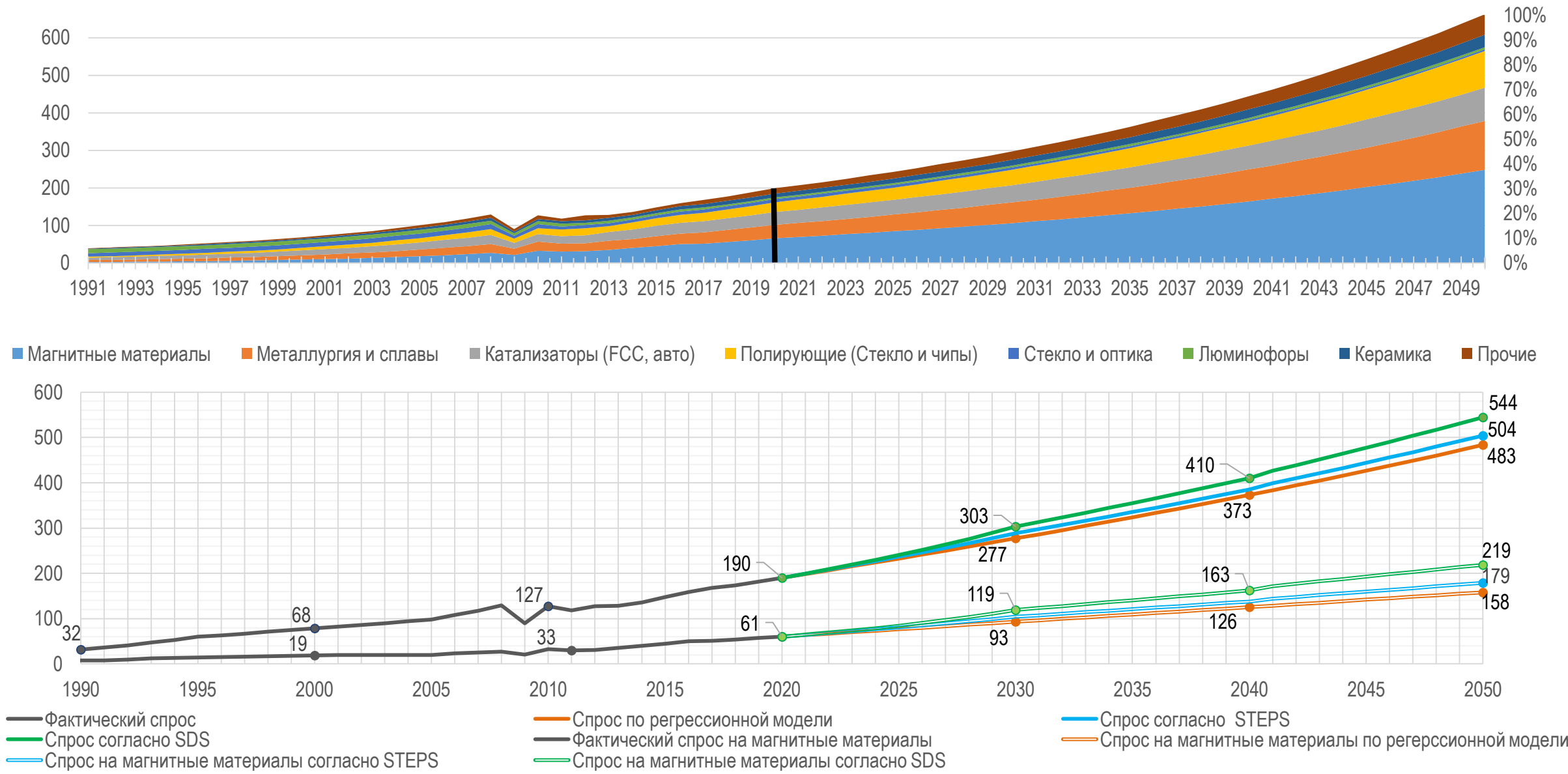


Глобальная цепочка производства постоянных неодимовых магнитов и их цена на 2019 г.

Добываемые руды	Производство РЗМ-концентратов	Производство оксидов и индивидуальных РЗМ	Производство магнитного металла/сплава	Производство NeFeB магнитов
Китай • Baoyan Obo (бастнезит, монацит) • Южный Китай (ионные глины) • Сычуань (бастнезит) • Другие провинции Малайзия • Kuantan Австралия • Mount Weld Индия • Kerala, Orissa (монацит) Россия • Ловозеро (лопарит, эвдиалит) Бразилия • Serra Verde (ионные глины)	Китай • Aluminum Corporation of China (CHALCO) • China Iron & Steel Research Institute Group (CISRI) • China Minmetals Corporation • China Nonferrous Metal Mining (Group) Co. (CNMC) • Baogang Group (Baotou Iron and Steel Group, Baotou Steel) • Guangdong Rare Earth Industry Group • Jiangxi Copper • Fujian Rare Earth Group • Большое количество других компаний Австралия • Lynas Corporation Индия • Indian Rare Earths Limited (IREL) ЕС • Neo Performance Materials Россия • Соликамский магниевый завод (СМЗ)	Китай • Aluminum Corporation of China (CHALCO) • China Iron & Steel Research Institute Group (CISRI) • China Minmetals Corporation • China Nonferrous Metal Mining (Group) Co. (CNMC) • Baogang Group (Baotou Iron and Steel Group, Baotou Steel) • Guangdong Rare Earth Industry Group • Jiangxi Copper • Fujian Rare Earth Group • Neo Performance Materials • Rhodia США • Neo Performance Materials ЕС • Neo Performance Materials • Rhodia	Китай • Baogang Group (Baotou Iron and Steel Group, Baotou Steel) • Jingxi Magnetism • Ningbo Yunsheng • Shanghai Roco • Ganzhou Qiangdong • Girem Advanced Materials • Neo Performance Materials • Более 50 небольших других компаний ЕС • Less Common Metals • Vacuumschmelze Япония • Shin Etsu • Santoku • Showa Denko • Hitachi Metals • Chuden Rare Earth Вьетнам • Shin Etsu • Santoku	Китай • Beijing Zhongke San Huan • Advanced Technology and Materials • Ningbo Yunsheng • Jingxi Magnetism • Shanghai Roco Magnetism • Shanxi Huiqiang Magnets • Hengdian Group Magnetics • Ningbo Zhao Bao • Neo Performance Materials • Более 50 небольших других компаний США • Neo Performance Materials • Arnold Magnetic Tech. ЕС • Vacuumschmelze Япония • Shin Etsu Chemical • TDK Hitachi Metal JV • Santoku • Hitachi Metals • Daido Electronics Тайланд • Neo Performance Materials



Структура и прогноз мирового потребления РЗМ на 2021 – 2050 гг., слева – тыс. т, справа – %.



Установленная мощность объектов ВИЭ согласно программе ДПМ ВИЭ 1.0, отобранных по результатам конкурентного отбора мощности ВЭС в 2013-2020 годах, МВт

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	ИТОГО
План	0	51	50	200	400	500	500	500	500	500	214,7	3415,7
Факт	0	0	35	15	200	508,8	640,09	536,8	730,97	532,7	228,75	3428,11
ФРВ			35		50	298,8	250	476,8	250	497,7		1858,3
НоваВинд					150	210	300	60	280	35	157,5	1192,5
Энел Россия							90,09		200,97		71,25	362,31
Прочие				15								15

Прогноз спроса на РЗМ, в то числе для магнитных материалов

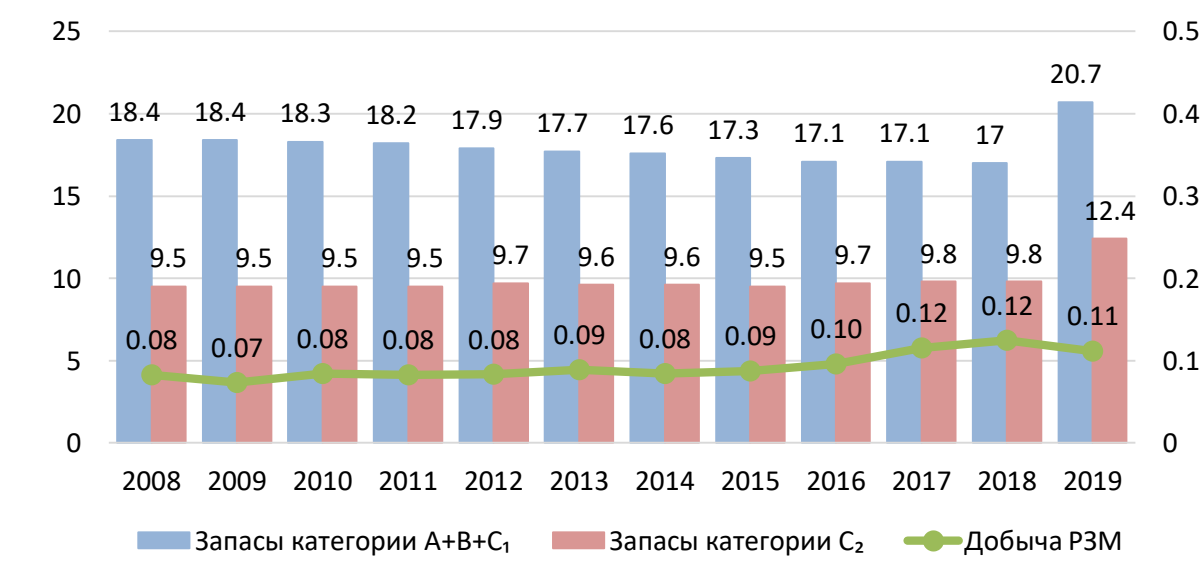
	2020	2030	2040
РЗМ	тыс. т	190,2 – 198,7	277 – 297
в том числе			
на магнитные материалы	тыс. т	63,8 – 66,1	96,3 – 106,2
в том числе			
для ВИЭ	тыс. т	6,4	18,9 – 34,2
неодим	тыс. т	4,9	14,8 – 26,9
другие РЗМ	тыс. т	1,4	4,1 – 7,3
в том числе			
для ВЭС	тыс. т	4,1	8,1 – 11,2
неодим	тыс. т	3,1	6,1 – 8,5
другие РЗМ	тыс. т	1	2 – 2,7

Структура потребления РЗМ в мире и в России в 2020-2021 г., %



- **Мировое потребление РЗМ** по нашим оценкам составляет порядка **200–220 тыс. т** ;
- **В России** потребление на протяжении 30 лет составляет **2–3 тыс. т**;
- **Основными потребителями РЗМ в России** являются компании нефтехимии, металлургии и государственные компании (ГК «Ростех» и ГК «Росатом»).

Производство РЗМ в России 2001–2019 гг.



- После распада СССР в России сложилась **парадоксальная ситуация**: почти все РЗМ в виде коллективного концентрата карбонатов **экспортируются**, а оксиды, индивидуальные РЗМ и их соединения ежегодно **импортируются** для производства продукции с высокой добавленной стоимостью;
- Государственным балансом запасов полезных ископаемых по категориям A+B+C₁+C₂ **учтено 33 млн т** на начало 2020 г., что соответствует **примерно 23% от общемировых запасов** согласно USGS;
- **В России** после добычи **менее 5%** поступает на дальнейшую переработку.

Традиционное (отраслевое) понимание — производство замкнутого цикла на основе РЗМ



Извлечение из промышленных отходов (отвалов, хвостов и шлаков):

- золошлаковые отвалы
- фосфогипс
- красные шламы
- и другие

Конечная продукция с истёкшим сроком службы (технологически сложные изделия):

- цифровая и бытовая техника
- автомобили и их элементы
- приборы и станки
- аккумуляторы и батареи
- катализаторы
- металлы и магнитные сплавы
- и другое

Потенциальные мультипликативные эффекты проектов полного цикла



- ❑ необходима оценка проектов с позиций мультипликативного влияния на экономику в целом (влияние не только на сферы/отрасли потребления РЗМ)
- ❑ Мультипликативное влияние РЗМ-проекта выражается в:
 - создании новых рабочих мест в рамках всей цепочки
 - восстановлении и развитии технологических компетенций
 - «эффекте обучения» – с ростом спроса, в условиях масштабного применения новых технологий снижаются издержки на добычу/переработку/производство конечных продуктов

- ❑ Ниобий-редкоземельное месторождение Томтор имеет все шансы стать проектом (примером) полного цикла в расширенном (социально-экономическом) понимании

Резюме:

- 1. Формирование внутреннего спроса на редкоземельную продукцию за счёт государственной поддержки и гибкого управления проектами вдоль всей производственной цепочки;**
- 2. Необходимо поэтапное увеличение производства продукции группы редких и редкоземельных металлов, соответствующее потребностям внутреннего рынка и экспортным возможностям;**
- 3. Важно выстроить сбалансированную, взаимосвязанную и гибкую систему государственных шагов и мер, в том числе в рамках программы импортозамещения и локализации для OEM-предприятий:**
 - в государственных стратегиях увеличить глубину локализации,**
 - и вводить поэтапное ужесточение требований локализации (например, в рамках Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.10.2020 № 2749-р);**
- 4. На последнем этапе необходимо переходить от прямой государственной поддержки и механизма ДПМ к косвенным мерам поддержки и рыночным механизмам, через стимулирование спроса у потребителей, к производству замкнутого цикла, поддержке экспорта продукции и оборудования для ВИЭ.**

V ВСЕРОСИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ»

Спасибо за внимание



Яценко Виктор Анатольевич

Старший научный сотрудник
ИЭОПП СО РАН
yva@ieie.nsc.ru