

# Мировая энергетика: смена парадигмы, три мировые газовые революции, вызовы и возможные решения для России

**Андрей А. Конопляник**, д.э.н., профессор

Профессор кафедры «Международный нефтегазовый бизнес»,  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина,

Советник Генерального директора, ООО «Газпром экспорт»,

Соруководитель Рабочей группы 2 «Внутренние рынки»

Консультативного совета Россия-ЕС по газу

Выступление на научном семинаре «Переход к новой энергетике: проблемы трансформации и перспективы», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Факультет Международного энергетического бизнеса, Кафедра экономической теории, Экономический клуб «Будущее», Москва, 12.11.2019

**Заявление об ограничении ответственности:** Взгляды, изложенные в настоящей презентации, не обязательно отражают (могут/должны отражать) и/или совпадают (могут/должны совпадать) с официальной позицией Группы Газпром (вкл. ОАО Газпром и/или ООО Газпром экспорт), ее/их акционеров и/или ее/их аффилированных лиц, отражают личную точку зрения автора настоящей презентации и являются его персональной ответственностью.

Год назад на конференции  
«Трансформация мировой  
энергетики: новые подходы» в  
Губкинском Университете (12  
апреля 2018 г.)...

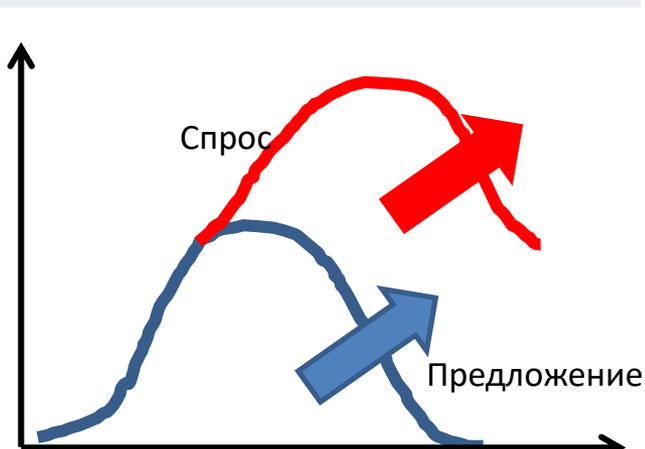
# Мировая энергетика: смена парадигмы?

Предложение	Спрос
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Кривая (пик) Хабберта</li> <li>- Рента (теорема) Хотеллинга</li> <li>- Перелом Шевалье</li> <li>- НТП (извлечение ресурсной ренты НВЭР, эффект (экономика) масштаба)</li> <li>- Международное право - доступ к природным ресурсам (НВЭР)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Экономический рост: индустриального типа, централизация и концентрация мощностей</li> <li>- Рост народонаселения</li> </ul>

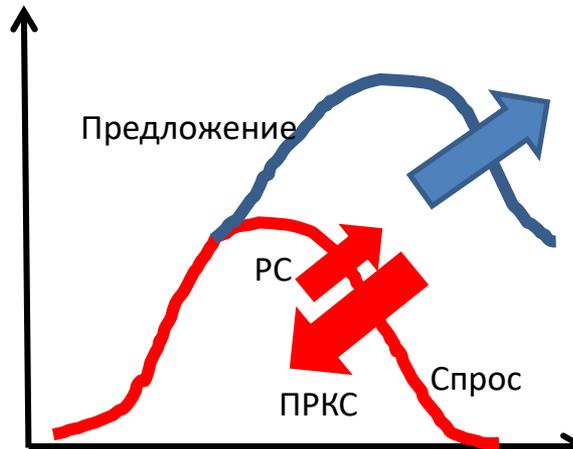
Будущие энергопоставки (НВЭР) **БОЛЕЕ** дороги и ограничены (рента за истощение) => **более дешевые НВЭР завоевывают рынок и ренту, освоение более дорогих НВЭР откладывается на более поздние периоды**

Предложение	Спрос
<ul style="list-style-type: none"> <li>- НТП: извлечение технологической ренты (пример: сланцевая революция США) =&gt; анти-теорема Хотеллинга</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Четыре этапа ухода от нефти (ПРС)</li> <li>- Рост энергоэффективности (разрыв связи энергопотребления и экономического роста), экономический рост пост-индустриального типа</li> <li>- Парижское соглашение по климату (COP-21, 2015) (верхний предел выбросов &lt;2°C) =&gt; COP-24 (Катовице, 2018) &lt;1.5°C</li> <li>- Новый тип экономического роста в ПРС (пост-индустриальный, ВИЭ) и в беднейших РС (неиндустриальный, децентрализованное энергоснабжение, ВИЭ)</li> </ul>

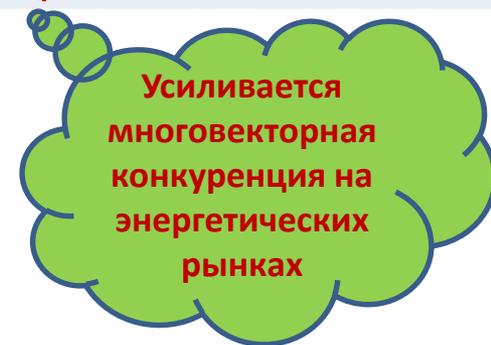
Будущие энергопоставки (НВЭР) **МЕНЕЕ** дороги и обильны (отчасти вследствие рукотворных ограничений спроса) => усиление конкуренции поставщиков => **более дешевые НВЭР завоевывают весь рынок, более дорогие НВЭР полностью отсекаются от освоения в перспективе**



Прошлое:  
пик предложения?

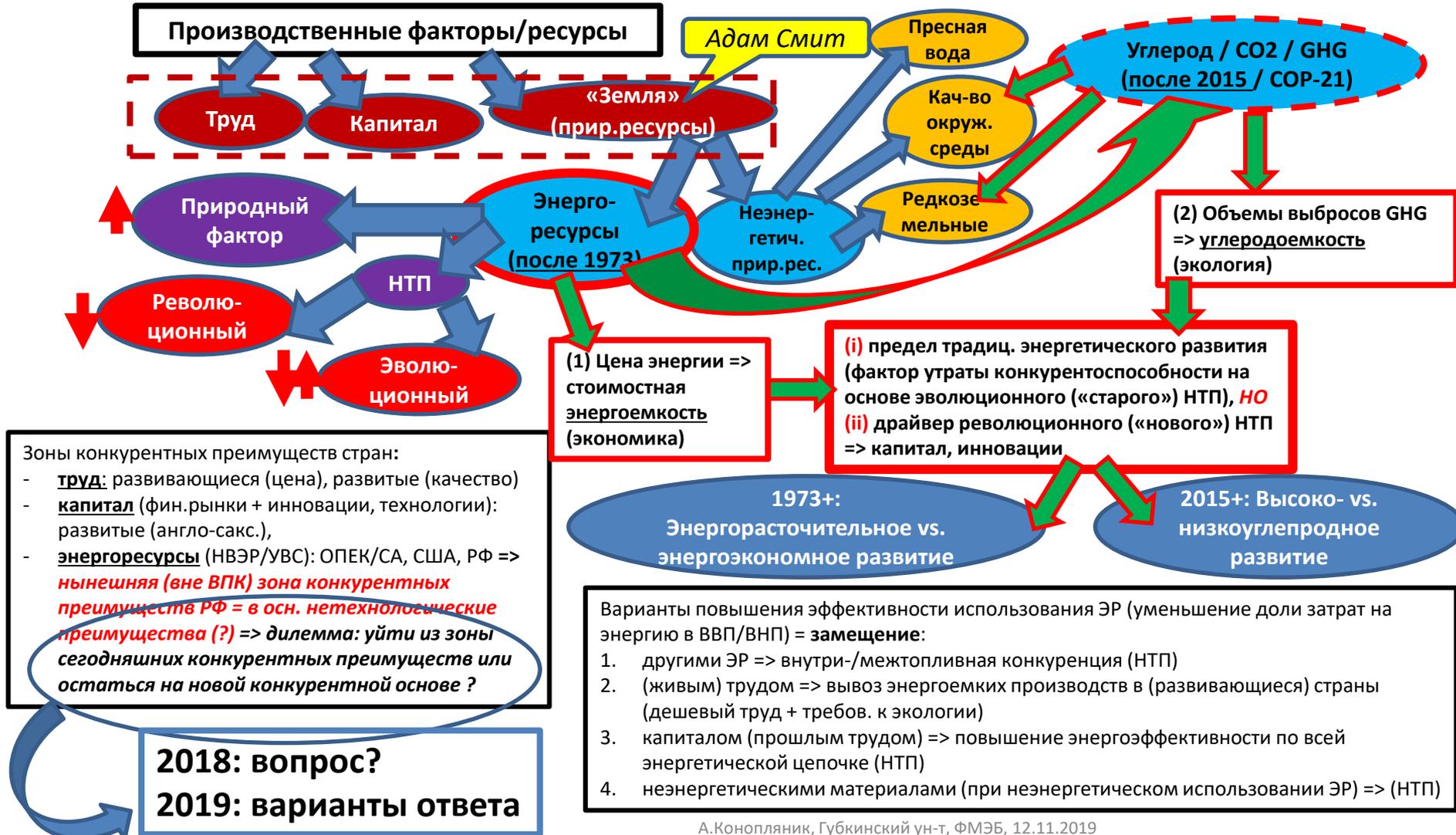


Настоящее/будущее:  
пик спроса?



РС – развивающиеся страны  
 ПРС – промышленно развитые капиталистические страны  
 НТП – научно-технический прогресс  
 НВЭР – невозобновляемые энергоресурсы  
 ВИЭ – возобновляемые источники энергии

# Политэкономия мировой энергетики: факторы производства, межфакторная конкуренция и НТП в энергетике – *и текущая конкурентная позиция России*



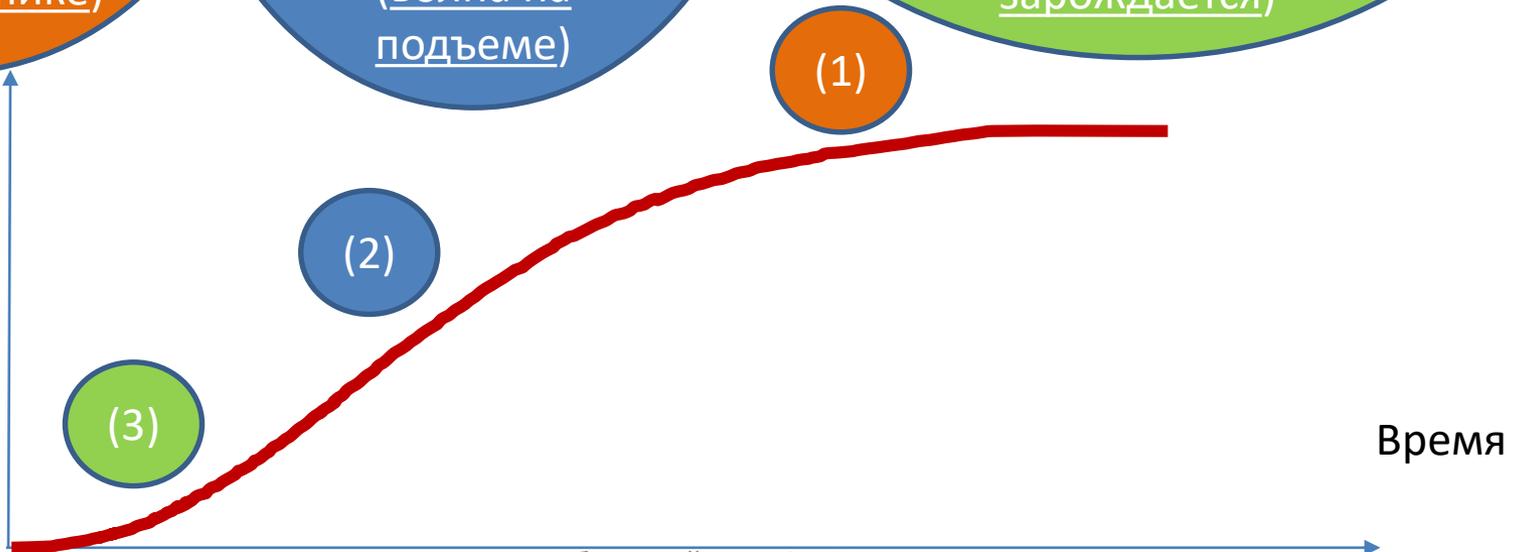
# Три глобальных газовых революции: волновое развитие

(1) Американская сланцевая революция и ее глобальные эффекты домино: состоялась, сегодня испытываем ее многовекторные последствия, затухающий эффект (волна на пике)

(2) Революция глобального СПГ и ее глобальные эффекты домино: в стадии ускоренного развития, не все последствия проявились в полной мере (волна на подъеме)

(3) Глобальная зеленая революция и ее глобальные эффекты домино – надвигается, пока на стадии становления (технологически в поиске, не в полной мере коммерциализирована, регуляторно пока не подготовлена) (волна зарождается)

Стадия развития



# Три глобальных газовых революции

Две революции, пришедшие со стороны предложения:

- 1) Американская сланцевая
  - 11+ причин, почему произошла в США и нигде более
  - 10+ «эффектов домино», изменивших (энергетический) мир
- 2) Формирование глобального рынка СПГ => глобального газового рынка
  - ...как один из «эффектов домино» американской сланцевой революции
  - развитие по модели развития нефтяного рынка (физического + бумажного товара)
  - нарастающая гибкость поставок ценой нарастания рисков

Одна революция, пришедшая со стороны спроса:

- 3) «зеленая»/декарбонизация/низкоуглеродное развитие (результат роста значимости, вплоть до обострения, климатической повестки):
  - технологическая (ВИЭ) с геополитическим подтекстом (отечественные «зеленые электроны» против импортных «грязных молекул»), но
    - ЕС (2018): От полностью электрического будущего (на основе ВИЭ) – к «электроэнергия ВИЭ плюс декарбонизированные газы»
  - регуляторная: от разделения/атомизации (unbundling) рынков, компаний – к реинтеграции (re-bundling) рынков и компаний при нарастающих низко-углеродных ограничениях

Эти три революции наложились на долгосрочный эффект от материализовавшихся последствий адаптации мировой экономики к нефтяным кризисам 1970-х гг.

- ⇒ Формируется новая более конкурентная реальность, в которой производителям НВЭР все труднее найти свою сжимающуюся конкурентную нишу
- ⇒ *Дилемма для РФ: уйти из зоны сегодняшних конкурентных преимуществ или остаться в зоне НВЭР на новой конкурентной основе ?*
  - ⇒ **у РФ есть конкурентная ниша, позволяющая стране монетизировать свои огромные запасы НВЭР (природного газа), но на новой технологической основе => водород (как одно из решений)**

# **Зеленая революция и один из ВОЗМОЖНЫХ ОТВЕТОВ на ее ВЫЗОВЫ для России**

# Инновационный метано-водородный сценарий низкоуглеродного развития ЕС в рамках «третьего видения ЕС»: «трех-ходовка Аксютина»

**Шаг 1:**  
структурная  
декарбонизация

**Шаг 2:** технологическая декарбонизация на основе существующих технологий и инфраструктуры

**Шаг 3:** глубокая технологическая декарбонизация на основе инновационных технологических решений/прорывов

ОБЩИЕ ВЫБРОСЫ  
ПАРНИКОВЫХ  
ГАЗОВ В ЕС, 2016

Быстрое снижение  
выбросов  
парниковых газов

Достижение климатических целей ЕС  
на 2030 год на основе существующей  
газовой инфраструктуры

Переход к водородной  
энергетике на основе  
эффективных  
низкоэмиссионных  
технологий  
производства водорода  
из метана

4,3  
млрд т CO<sub>2</sub> экв.

13-18 %

25-35 %

~80 %

ЗАМЕЩЕНИЕ УГОЛЬНОЙ  
ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ И  
НЕФТЯНЫХ МОТОРНЫХ  
ТОПЛИВ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МЕТАНО-ВОДОРОДНОГО  
ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ  
И ТРАНСПОРТЕ БЕЗ  
ЗАТРАТНЫХ  
ИНФРАСТРУКТУРНЫХ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Возможность  
реализации  
амбициозных  
целей ЕС 2050

КПГ/СПГ

Экспертная оценка выполнена на основании данных по:

- удельным выбросам CO<sub>2</sub> при использовании различных видов топлива (U.S. Energy Information Administration estimates);
- углеродному следу различных видов моторных топлив (European Natural gas Vehicle Association report, 2014-2015);
- выбросам парниковых газов ЕС (Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2016 гг., Международное энергетическое агентство);

Источник: О.Аксютин. Future role of gas in the EU: Gazprom's vision of low-carbon energy future. // 26th meeting of GAC WS2, Saint-Petersburg, 10.07.2018 ([www.fief.ru/GAC](http://www.fief.ru/GAC)); PJSC Gazprom's feedback on Strategy for long-term EU greenhouse gas emissions reduction to 2050 // [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2018-3742094/feedback/F13767\\_en?p\\_id=265612](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2018-3742094/feedback/F13767_en?p_id=265612)

# Инструменты внедрения «трех-ходовки Аксютина» (видение А.Конопляника)

Накопленный эффект мер 1-го этапа

Накопленный эффект мер 1-го и 2-го этапов

Накопленный эффект мер 1-го, 2-го и 3-го этапов

Меры 1-го этапа

Меры 2-го этапа

Меры 3-го этапа

Замещение газом:  
(1) Угля в тепло- и электроэнергетике,  
(2) Нефтепродуктов на транспорте:  
- Сжатым газом,  
- СПГ

Метано-водородная смесь как топливный газ для КС на газопроводах, в ГТС РФ и ЕС, на основе технологий производства H<sub>2</sub> без выбросов CO<sub>2</sub> непосредственно на КС

Производство H<sub>2</sub> без выбросов CO<sub>2</sub> (на основе российских и/или совместных с ЕС в рамках кооперации технологий – **пиролиз и др.**) - обеспечивает конкурентное преимущество по сравнению с **электролизом** (10-кратно более энергоемкий => более дорогой) и/или **паровым реформингом метана с обязательным CCS** (CCS удорожает затраты на 30+%)

Формирование рынка мтСПГ в Черноморско-Дунайском регионе

Возможный дополнительный экспорт российского газа для производства H<sub>2</sub> и технологий по производству H<sub>2</sub> без выбросов CO<sub>2</sub> (российских и/или совместных с ЕС)

# Три группы ключевых технологий производства H2

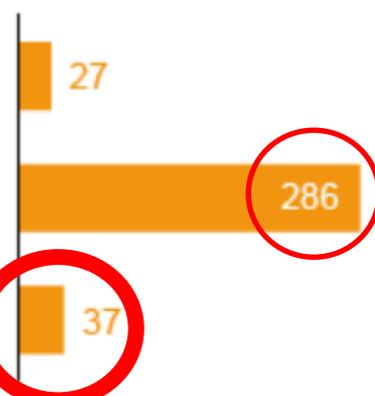
**CC(U)S необходим!!! => дополнительные  
временные затраты (CAPEX + OPEX) => + 20/30+%**

Steam reforming of natural gas	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$
Water electrolysis	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
Methane pyrolysis	$\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$

CO<sub>2</sub> emissions  
in kg CO<sub>2</sub>/kg hydrogen



energy demand  
in kJ/mol hydrogen\*



“Чистый” H2

Based on: Dr. Andreas Bode (Program leader Carbon Management R&D). New process for clean hydrogen. // BASF Research Press Conference on January 10, 2019 / (<https://www.basf.com/global/en/media/events/2019/basf-research-press-conference.html>)

Удельные  
затраты

Приоритет ЕС:  
P2G  
(Электролиз)

Пиролиз метана (и аналогичные технологии без выбросов CO2): основная задача – ускорить коммерциализацию для входа на и продвижения вниз по «кривой обучения» для этих технологий => роль международного сотрудничества

Паровой реформинг метана с выбросами CO2 и с CCS

Основная задача

Пиролиз метана и аналогичные технологии без выбросов CO2

Сегодня

Время

**Примерные возможные  
зоны распространения  
(преимущественного  
применения) основных  
технологий производства  
водорода в Европе при  
государственном  
регулировании,  
основанном на принципах  
«технологического  
нейтралитета»**

-  Электролиз - ветер
-  Электролиз - солнце
-  Электролиз - гидро
-  Электролиз - АЭС
-  Паровой риформинг метана плюс  $CC(U)S$
-  Прямой крекинг метана и аналоги - потенциал для РФ

Составлено автором по итогам  
дискуссии с Ральфом Дикелем

Источник карты: **ENTSOG**

# Выводы

# Глобальные последствия трех газовых (энергетических) революций

- **Переход от ожидания «пика предложения» к ожиданию «пика спроса» (две революции) =>**
  - Сжатие (относительное и/или абсолютное) рынков традиционных энергоресурсов, плюс
  - Формирование новых рынков для традиционных и/или нетрадиционных энергоресурсов =>
  - Дополнительное усиление конкуренции на (традиционных?) рынках плюс игра на завоевание новых рынков =>
  - Отход некоторых ключевых игроков от ранее согласованных международно-правовых правил инвестиций и торговли (игра без правил?)
- **Декарбонизация (переход к низкоуглеродному развитию) (третья революция)**
  - Дополнительное ограничение или новые возможности?
  - Уроки прошлого (стоимостная энергоемкость ВВП) для настоящего и будущего (углеродоемкость ВВП) => упреждающая реакция или реакция пост-фактум (догоняющая)?

# Адаптация к вызовам трех революций (в т.ч. упреждающая): возможности для России в газовой сфере

- Зона **традиционных** возможностей
  - Диверсификация поставок (путей доставки) на старые и новые рынки
- Зона **новых** возможностей
  - Диверсификация сфер использования газа (экономика + экология)
  - Оптовые и розничные рынки (разные механизмы вхождения – отсутствие конкуренции «газ-газ» => мтСПГ)
  - Газ для декарбонизации ЕС (газ для производства водорода = дополнительный сегмент спроса на газ; технологич.опции):
    - электролиз,
    - паровой риформинг метана: с выбросами CO<sub>2</sub> и с CCS,
    - пиролиз метана и аналогичные: без выбросов CO<sub>2</sub> и без CCS => **приоритет для РФ !!!**
  - => От экспорта газа – к экспорту газа и технологий по его декарбонизации
    - Экспорт газа для производства водорода downstream производственно-сбытовой цепи РФ-ЕС (где 80% выбросов CO<sub>2</sub>)
    - Технологии производства водорода без выбросов CO<sub>2</sub> (если коммерциализованы)
      - расширение спроса на российский газ в ЕС и технологии его пр-ва без выбросов CO<sub>2</sub>,
      - уменьшение затрат на декарбонизацию ЕС
- Зона **взаимных выгод** для РФ и ЕС (без учета «эффектов домино»)
  - повышение благосостояния ЕС за счет российского газа и (совместно коммерциализуемых) технологий =>
  - дополнительная монетизация природных ресурсов российского газа =>
  - “win-win” сценарий для РФ-ЕС в энергетической сфере (и не только) =>
  - ресурсно-инновационный путь развития для российской экономики (акад. А.Н.Дмитриевский и др.)

# Благодарю за внимание!

**www.konoplyanik.ru**  
**andrey@konoplyanik.ru**  
**a.konoplyanik@gazpromexport.com**

## Заявление об ограничении ответственности

- Взгляды, изложенные в настоящей презентации, не обязательно отражают (могут/должны отражать) и/или совпадают (могут/должны совпадать) с официальной позицией Группы Газпром (вкл. ОАО Газпром и/или ООО Газпром экспорт), ее/их акционеров и/или ее/их аффилированных лиц, **отражают личную точку зрения автора настоящей презентации и являются его персональной ответственностью.**

*Примечание: Исследование осуществляется при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта «Влияние новых технологий на глобальную конкуренцию на рынках сырьевых материалов», проект № [19-010-00782](#)*