



ВСЕРОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ОХРАНЫ ПРИРОДЫ



Лекция №14

ОНЛАЙН ЛЕКТОРИЙ ПО ЭКОЛОГИИ

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

В.А. Грачев,
Председатель Центрального совета ВООП,
профессор, д.т.н., член-корреспондент РАН





ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ





Составляющие:

- Экономика
- Экология
- Социальная сфера

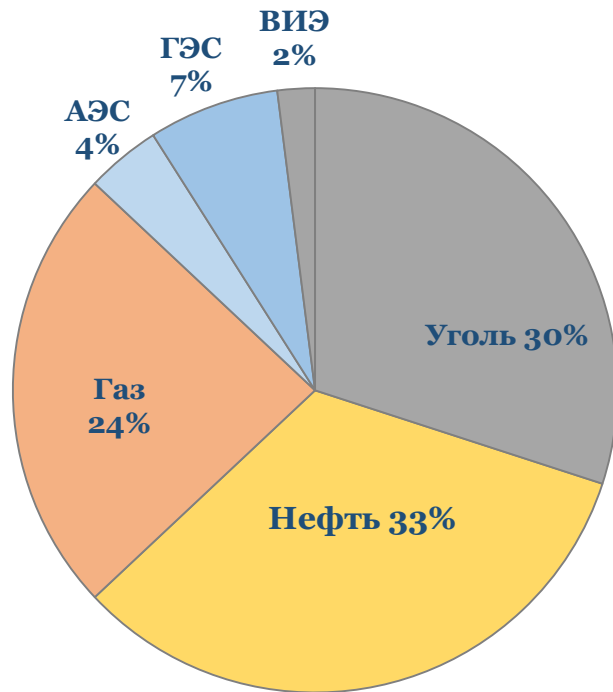
Состояния:

Экономика ↔ Экология – Приемлемое

Экономика ↔ Социум – Справедливое

Экология ↔ Социум – Допустимое

ЭКОНОМИКА И ПРИРОДНЫЙ ГАЗ



Доля газа в мировой энергетике

Источник: BP Statistical Review of World Energy 2015



Доля нефтегазовых доходов от природного газа в экономике России





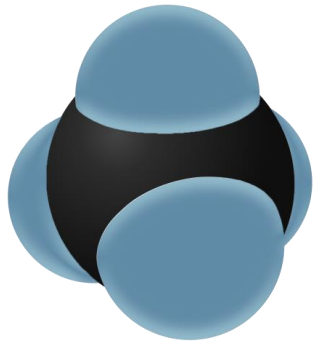
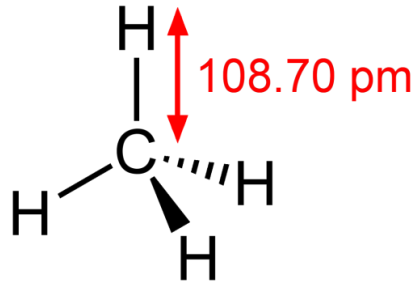
Природный газ – это важный источник энергии, позволяющий уменьшить загрязнения и способствующий поддержанию нормальной экологической обстановки

По сравнению с остальными источниками энергии, обладает рядом преимуществ:

- сгорая, выделяет только углекислый газ и водный пар, это смесь, с которой мы имеем дело в стакане газированной воды;
- при сгорании не выделяет копоти и дыма;
- быстро разжигается и процесс его горения легко контролировать;
- почти не содержит твёрдых примесей и других вредных компонентов;
- относительная дешевизна, благодаря более лёгкому способу добычи и транспортировки

В отличие от нефти, которую сначала нужно переработать, природный газ практически не требует предварительной обработки

МЕТАН

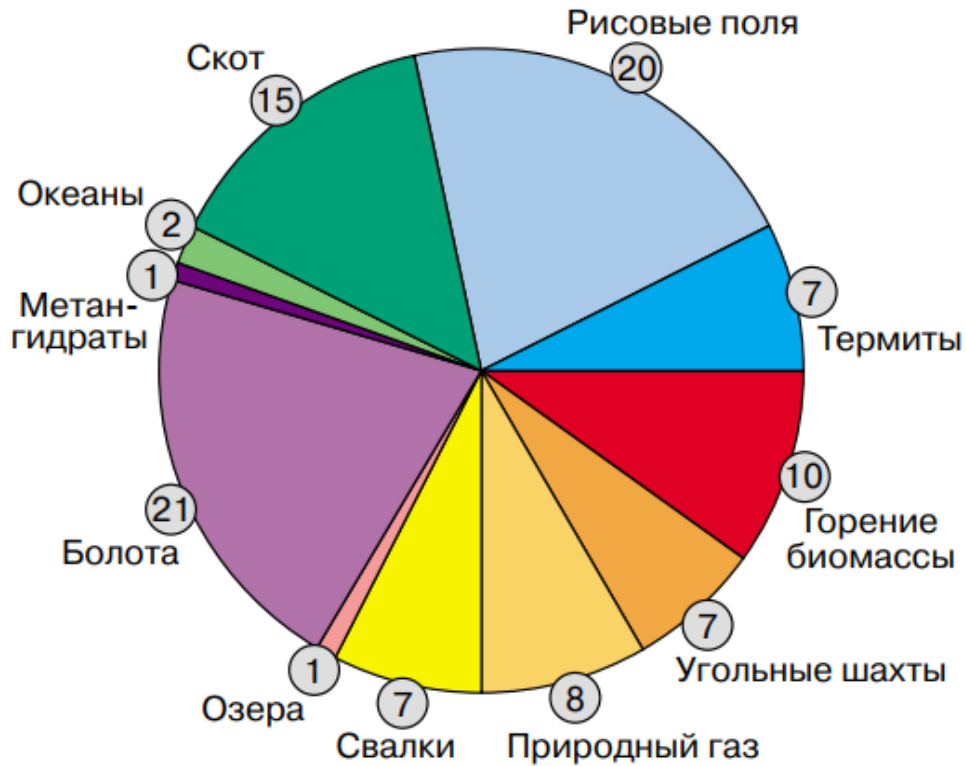


Метан CH₄
Плотность: 0,7168 кг/м³
 (при 0⁰C)

Жидкий при 164,6 ⁰C

Символ изотопа	Масса, а.е.м.	Период полураспада
⁸ C	8,037675(25)	2,0(4) × 10 ⁻²¹ с (ширина распада 230(50) кэВ)
⁹ C	9,0310367(23)	126,5(9) мкс
¹⁰ C	10,0168532(4)	19,290(12) с
¹¹ C	11,0114336(10)	20,334(24) мин
¹² C	12 по определению	Стабилен
¹³ C	13,0033548378(10)	Стабилен
¹⁴ C	14,003241989(4)	5,70(3) × 10 ³ лет
¹⁵ C	15,0105993(9)	2,449(5) с

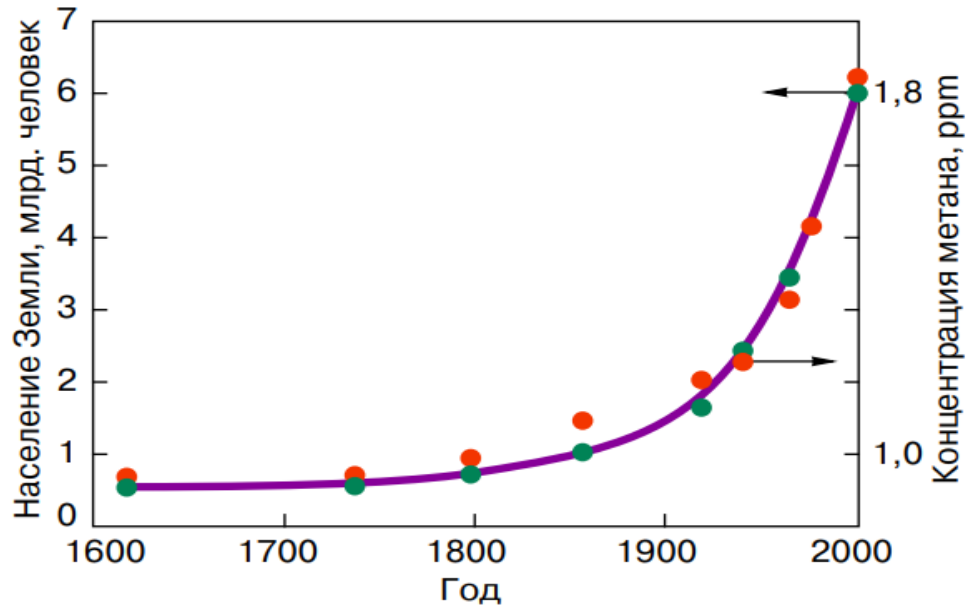
МЕТАН В АТМОСФЕРЕ



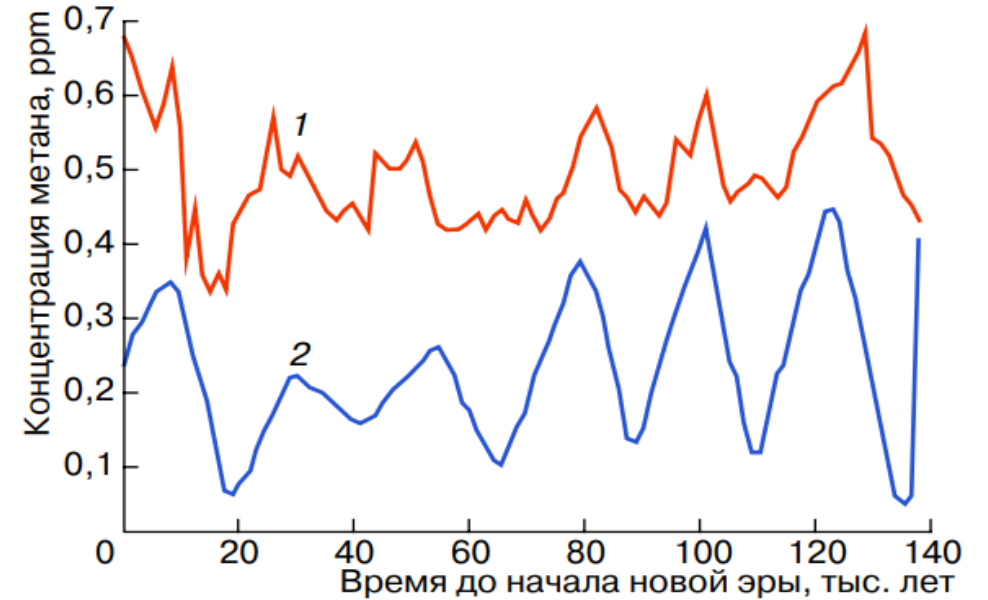
Доли отдельных источников в общем потоке метана в атмосферу

Метан находится в атмосфере в основном в приземном слое, который называется тропосферой и толщина которого составляет 11–15 км. Концентрация метана мало зависит от высоты в интервале от поверхности Земли до тропопаузы, что обусловлено большой скоростью перемешивания по высоте в пределах 0–12 км (1 месяц) в сравнении со временем жизни метана в атмосфере

Термогенный метан возникает в осадочных породах при их погружении на глубины 3–10 км, где осадочные породы подвергаются химической трансформации в условиях высоких температур и давлений. Метан, возникший в результате химических реакций неорганических соединений, называется **абиогенный**. Он образуется обычно на больших глубинах в мантии земли



Изменения содержания метана в атмосфере и населения Земли во времени



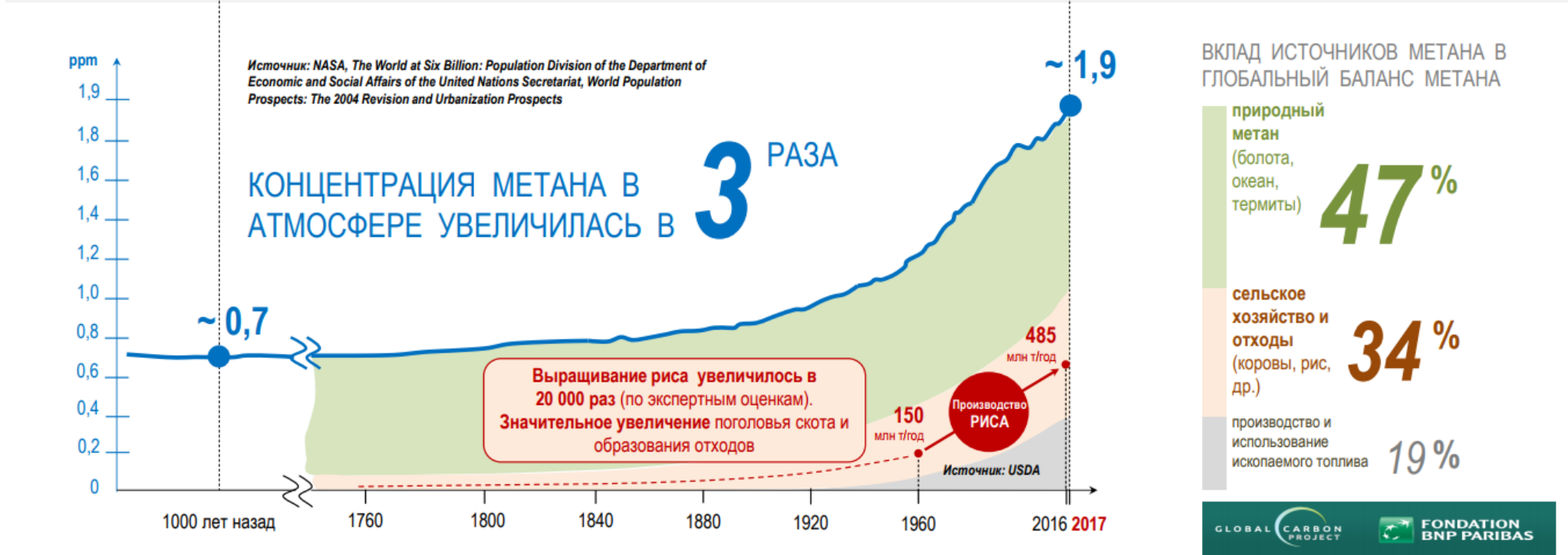
Концентрации метана в атмосфере Земли (1) и зависимость осадков от времени, отн. ед. (2)

Метан исчезает из атмосферы, в основном в реакции с радикалом OH: $\text{OH} + \text{CH}_4 = \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3$

Если концентрация метана в атмосфере не растёт, то это означает, что **скорость поступления метана в атмосферу равна скорости его вывода**



ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

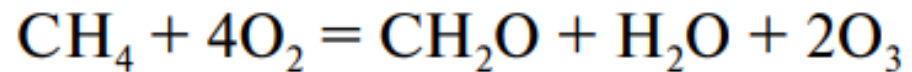
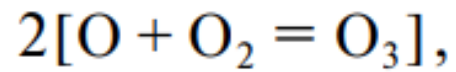
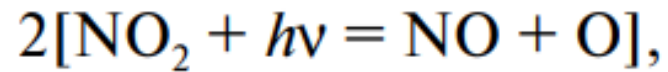
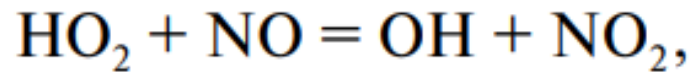
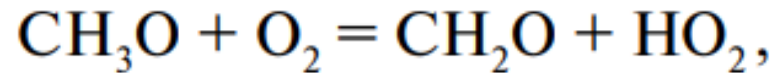
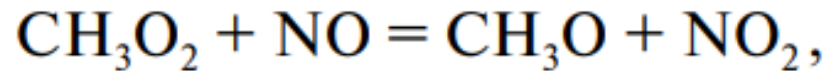
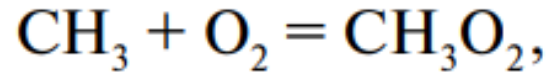
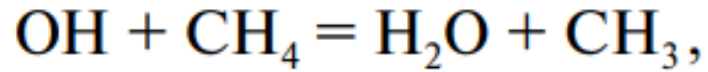


ВКЛАД ИСТОЧНИКОВ МЕТАНА В ГЛОБАЛЬНЫЙ БАЛАНС МЕТАНА





Реакции в атмосфере, **приводящие к выводу метана,**
таковы



В результате этого цикла возникают две молекулы озона и два радикала OH. Таким образом, метан **в присутствии NOx** претерпевает конверсию в окислитель, каким является озон. **Реакция формальдегида с радикалом OH также приводит к образованию озона**



№	Источник	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$
1.	Сибирские газовые месторождения	- 50 ± 3%
2.	Бореальные заболоченные земли Арктики	- 70 ± 5%
3.	Канадские заболоченные земли	- 67 ± 2%
4.	Тропические заболоченные земли	- 54 ± 5%
5.	Боливийский газ	- 35%
6.	Иранский газ	- 40%

Соотношение изотопов углерода в метана из различных источников экосистем

Природные наблюдения показывают **смещение в сторону более отрицательных значений**

Выбросы метана от газовых месторождений обычно более обогащены ^{13}C по сравнению с атмосферой и **не являются причиной необходимых изотопных смещений**. Изотопному смещению возможно способствовали выбросы от карьерных битуминозных шахт угольных бассейнов Южного Полушария

Значительная часть мировой изменчивости выбросов может быть связана с **показателями Южного колебания Эль-Ниньо (EMSO)**



Получено, что глобально усредненная молярная доля метана в атмосфере увеличилась с 2007 по 2013 год на $5,7 \pm 1,2$ частей на миллиард (млрд⁻¹) в год. В тоже время, показатель $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ (соотношение изотопов углерода ¹³C/¹²C в метане) начиная с 2007 года сместился в сторону существенно более отрицательных значений

Экстремальное значение прироста на $12,5 \pm 0,4$ млрд⁻¹ было зафиксировано в 2014 году, дальнейшее смещение в сторону более отрицательных значений наблюдалось в большинстве широт



Представленное здесь изотопное доказательство, свидетельствует о том, что на рост метана больше всего оказывает **влияние значительное увеличение биогенных выбросов метана**, в особенности в тропиках, например, в связи с расширением площадей тропических заболоченных земель в годы с аномально большим количеством атмосферных осадков или в связи с увеличением количества источников выбросов метана от сельского хозяйства, таких как жвачные животные и рисовые поля

Изменения, аналогичные изменениям в скорости удаления метана из атмосферы **в реакции с радикалом ОН** не были отмечены у других трассеров из химического состава атмосферы и, как видится, они не объясняют краткосрочные колебания концентрации метана



ЭКВИВАЛЕНТ МЕТАНА К ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА



1 2



Общее содержание метана в атмосфере около 5 млрд т при этом ежегодные изменения, оцениваемые в 592 – 785 млн т практически равны выбросам (542 – 852 млн т)



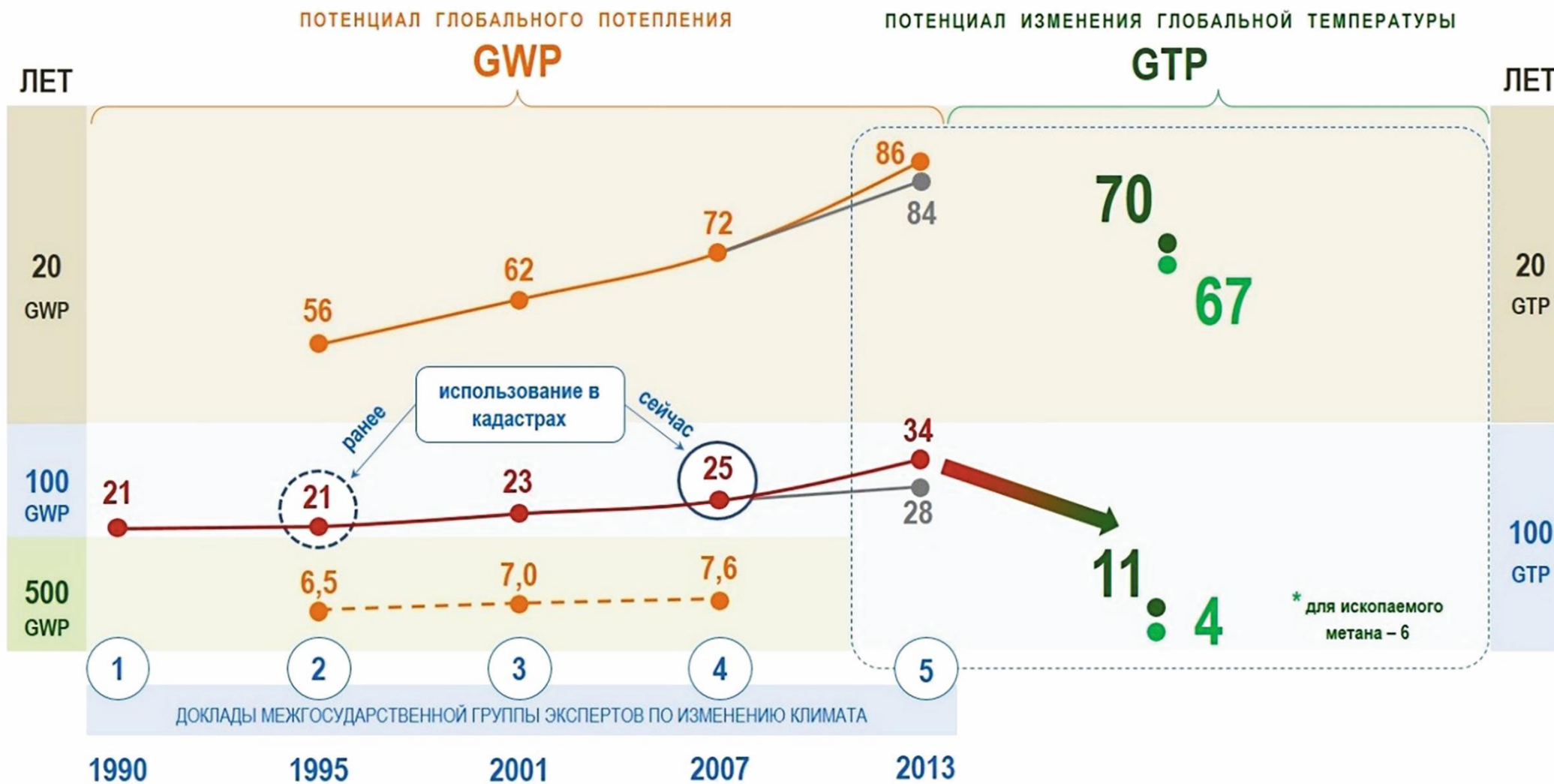
Механизм изменения имеет собственный природный характер и аналогичен механизму регулирования балансом водяного пара



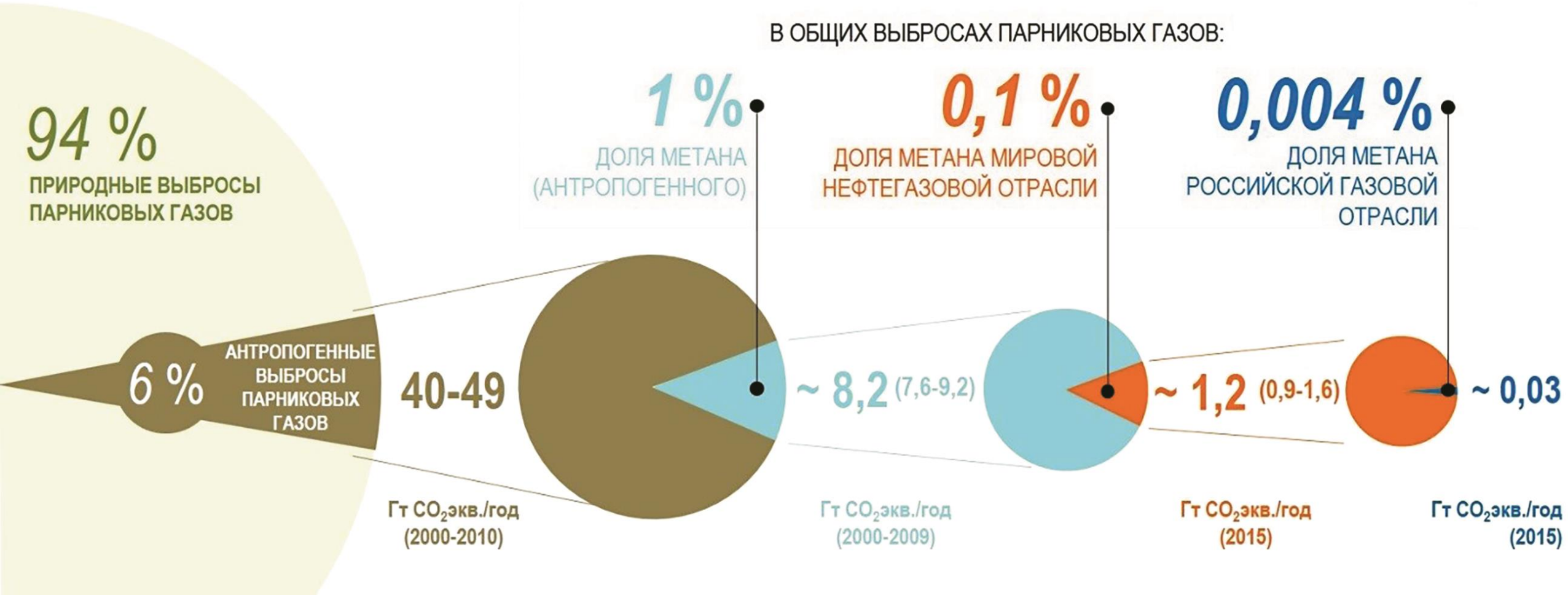
Сравнение методик по оценке парникового эффекта по данным 5го Оценочного доклада показывает, что не существует единой системы показателей для точного сравнения всех последствий.



Сравнение методик **по оценке парникового эффекта вещества GWP и GTP** приведены далее



ДОЛЯ МЕТАНА ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ





АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ МЕТАНА



1 2

Антропогенное влияние метана на климат в соответствии с его долей в общей эмиссии метана (45,1%) ниже, чем **CO₂** в **24,4** раза. При этом необходимо учитывать антропогенное влияние на климат в целом, которое **на порядок ниже естественных причин** (отклонения орбиты Земли, изменение солнечной активности, вулканические явления с выбросом аэрозолей) и **компенсируется естественными процессами восстановления и саморегуляции** (естественным балансом) в атмосфере.



АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ МЕТАНА



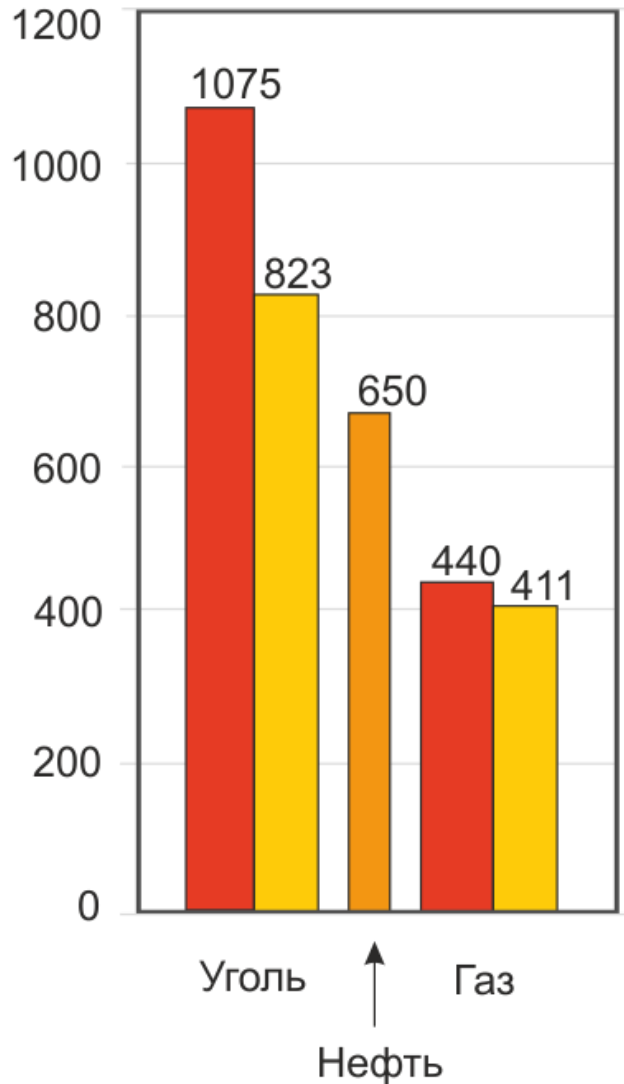
1 2

Оценивая вклад метана в глобальное изменение климата необходимо учитывать, что его доля в общей картине влияния на климат парниковых газов составляет **4 – 9%**, тогда как водяного пара **36 – 72%**. Именно водяной пар поддерживает тепловой баланс и является естественным регулятором процессов в атмосфере. Анализ роли каждого из парниковых газов подтверждает вывод о том, что метан воздействует в **24,4** раза слабее **CO₂** и при естественной регуляции со стороны водяного пара и короткоживучести метана в атмосфере его влияние на климат можно признать незначительным



УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД исторически определен как количество парниковых газов, причиной которых стала деятельность организаций, действий по транспортировке продуктов, производства продуктов, или деятельности человека

Большая часть путаницы вокруг углеродных следов сводится к различию между «прямыми» и «косвенными» выбросами. Углеродный след пластиковой игрушки, например, включает в себя не только прямые выбросы от производственного процесса и транспортировки игрушки в магазин: он также включает в себя целый ряд косвенных выбросов, таких, как те, которые вызваны в первую очередь добычей и переработкой нефти, которая используется для создания пластика. И это лишь часть всех процессов. Полностью прослеживая всю цепочку событий, которые могли и не могли бы произойти при создании этой игрушки, приводит к бесконечному числу путей, большинство из которых являются бесконечно малыми. Для того, чтобы сфокусироваться на главном, давайте попробуем следовать самым простым из этих путей. А ведь сотрудники в офисах пластиковой фабрики также используют скрепки, изготовленные из стали. А сталь тоже имеет небольшие выделения, учитывая содержание экскаватора в железном руднике, откуда изначально она была добыта... и так далее до бесконечности. Углеродный след пластиковой игрушки включает в себя очень много факторов, так что точно определить его размер – задача непростая.



PV-солнечная фотоэлектрическая технология, устройства для преобразования солнечной энергии в электроэнергию

Углеродные следы технологий производства электроэнергии (данные по Великобритании и ЕС за 2004-2006 гг.)

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ И СОЦИАЛЬНАЯ СФЕРА

1 2

- В газовой отрасли в 2014 году работало 258 компаний. Из них 97 компаний входили в структуру нефтяных ВИНК, 16 – в структуру «Газпрома», 2 – в структуру «НОВАТЭК», а 140 являются независимыми компаниями. По договору СРП работает 3 компании
- Работники нефтегазовой промышленности в РФ получают самую высокую заработную плату в стране. Рассчитать среднюю зарплату в отрасли довольно проблематично, так как очень велика разница между оплатой труда различных сотрудников. Рабочие самой низкой квалификации в среднем за месяц получают 60 – 80 тыс. рублей, квалифицированный персонал около 150 – 180 тыс. рублей, а зарплаты руководителей могут доходить до 300 – 400 тыс. рублей и выше



ПРИРОДНЫЙ ГАЗ И СОЦИАЛЬНАЯ СФЕРА

1 2

- В быту чаще всего используют природный газ ввиду его относительно малой стоимости. Добываясь из скважин, это полезное ископаемое поставляется в квартиры и дома при помощи огромной сети газопроводов, расположенной по всему миру
- Основную часть природного газа составляет метан. Его процентная доля от общего объема зависит от месторождения ископаемого и варьируется в пределах 90 – 98%
- Остальная часть состоит из различных углеводородов: бутана, пропана, этана, гексана и пентана
- Также природный газ, используемый в жилых домах, может содержать незначительное количество сероводорода, азота и паров воды. Сероводород в совокупности с водой хорошо взаимодействует с металлом, вызывая коррозию труб, проводящих газ. Чтобы избежать этого, доля данных веществ не должна превышать одной сотой от общего объема. Азот же никак не влияет на газовое оборудование



Доля выбросов парниковых газов транспортом составляет **28,4%**



Выбросы парниковых газов при получении бензина **в 4 раза** больше, чем для жизненного цикла КПГ.

При переводе автотранспортных средств на КПГ ежегодные выбросы углекислого газа сократятся вдвое - на **65,2 млн т**



Перевод моторного топлива на компримированный природный газ (КПГ)

Выбросы CO

дизель



до **10** раз ниже



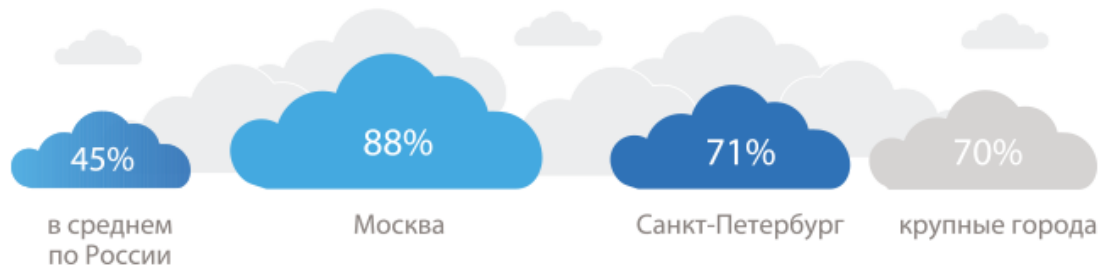
КПГ



1,5-2 раза - увеличение срока службы авто



Доля выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобилей

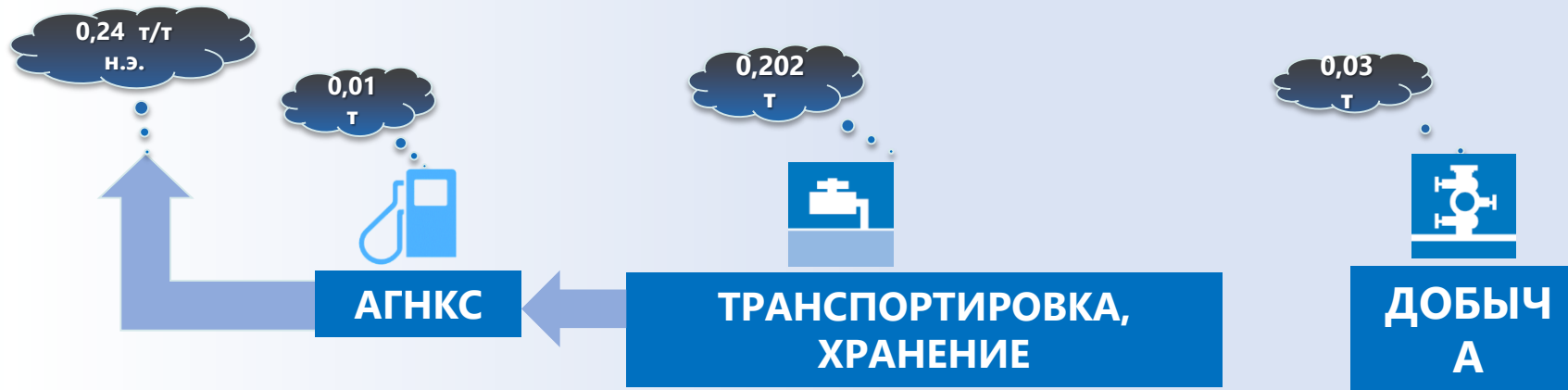


ПРИРОДНЫЙ ГАЗ НА ТРАНСПОРТЕ

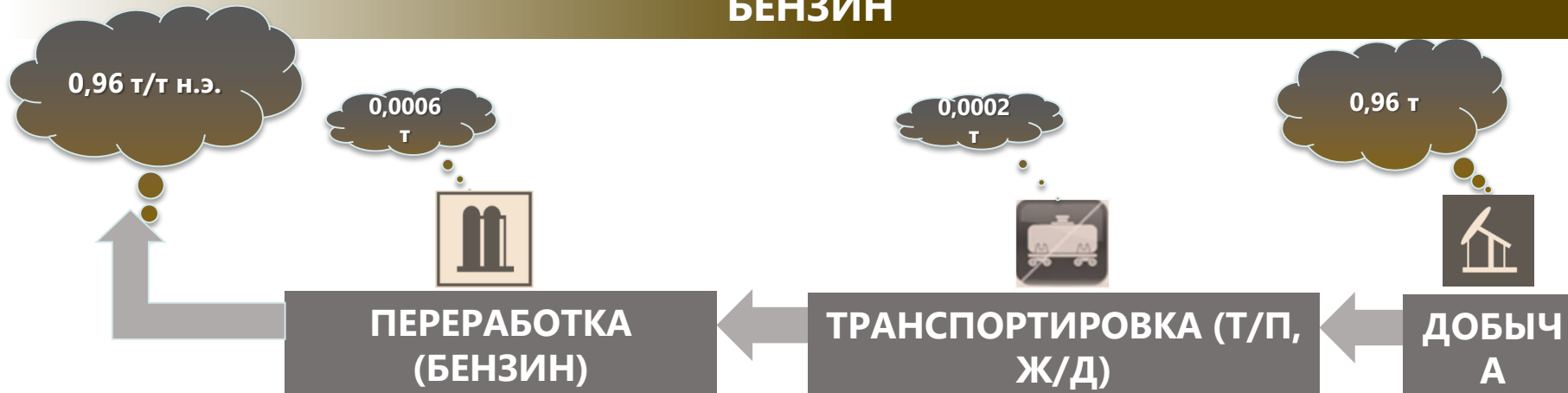
1 2 3

(т CO₂-экв./ т н.э. за весь жизненный цикл)

КОМПРИМОВАННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ



БЕНЗИН



ПРИРОДНЫЙ ГАЗ НА ТРАНСПОРТЕ

**СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ CO₂
ПРИ ПЕРЕВОДЕ 50 % АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА КПГ**





Сланцевый газ (*shale gas*) — это природный газ, состоящий в основном из метана (метан CH_4 — основной компонент горючих газообразных ископаемых). Добывается из месторождений, расположенных в сланцевых осадочных породах земной коры

Неблагоприятное воздействие на окружающую среду:

- Ухудшение состояния земельных ресурсов, эрозия почв, оползни и снижение плодородности
- Выбросы метана и токсичного сероводорода, соединений ртути в атмосферу
- Выброс углекислого и угарного газа, оксидов азота, диоксида серы при сжигании газа на месте (чтобы не допустить попадание метана и сероводорода в атмосферу)
- Нарушение грунтовых и поверхностных вод (в том числе питьевых) – изменение их количества и качества
- Необходимость утилизации отработанной воды и жидкости ГРП (компания Schlumberger рекомендует утилизировать отработанную в процессе ГРП жидкость как опасные отходы)
- Риск утечки жидкости ГРП, которая может содержать потенциально опасные химические вещества (рассолы, тяжелые металлы, радионуклиды и органические соединения)
- Микроразземлетрясения в результате как самого процесса ГРП, так и обратной закачки отработанной воды

Источник: Impact Assessment of Natural Gas Production in the New York City Water Supply Watershed, 2009 Material Safety Data Sheets

СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ

1 2

Перспективность британского сланцевого газа по сравнению с другими видами электроэнергии: текущая ситуация и будущие сценарии

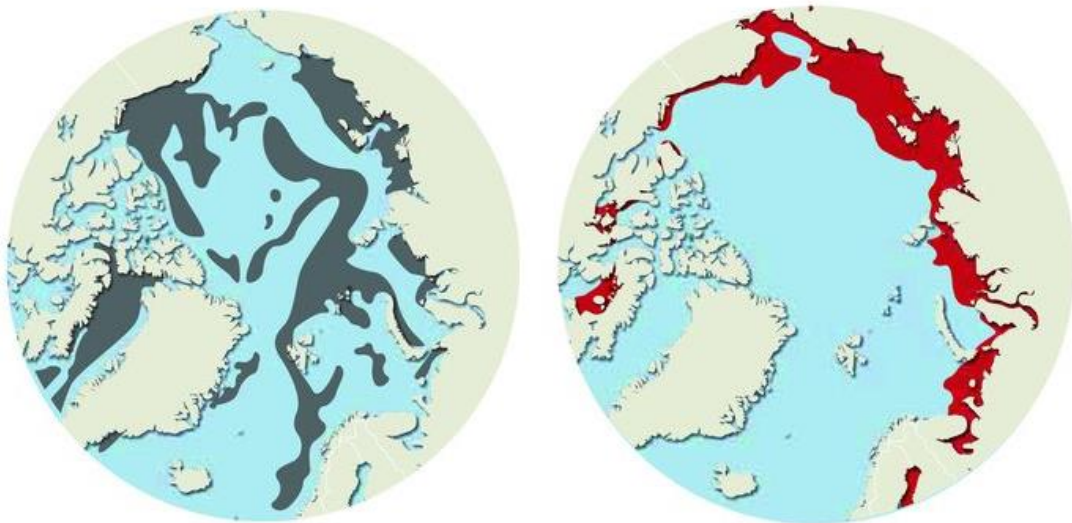


Источник: Science of the Total Environment. Sustainability of UK shale gas in comparison with other electricity options: Current situation and future scenarios, 2017. pp. 805 – 813

Метаногидраты – топливо будущего?

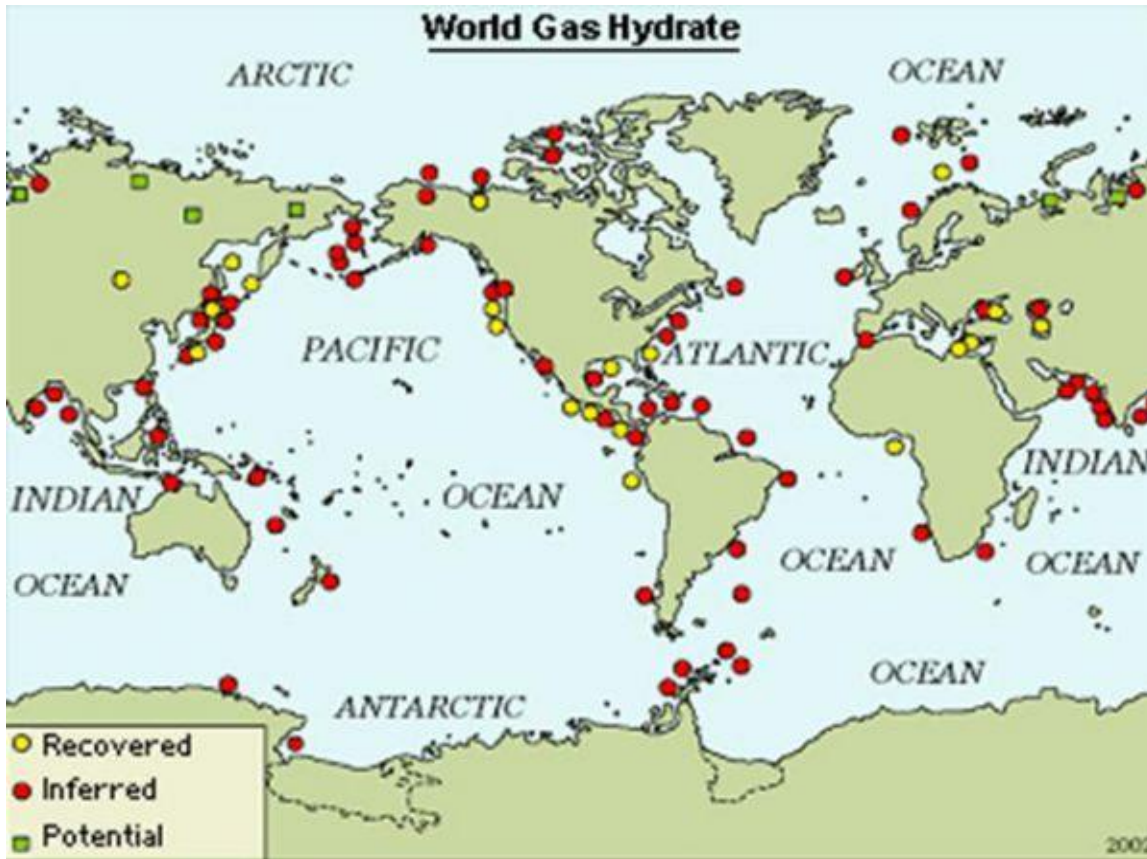
1м^3 метаногидратов содержит около 1000м^3 газообразного метана

Карта возможного залегания метангидратов в Северном Ледовитом океане (серый цвет). Красным цветом выделены глубины менее 50 м



ГАЗОГИДРАТЫ – ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

1 2



Распространение гидрата метана в морях и на континентах

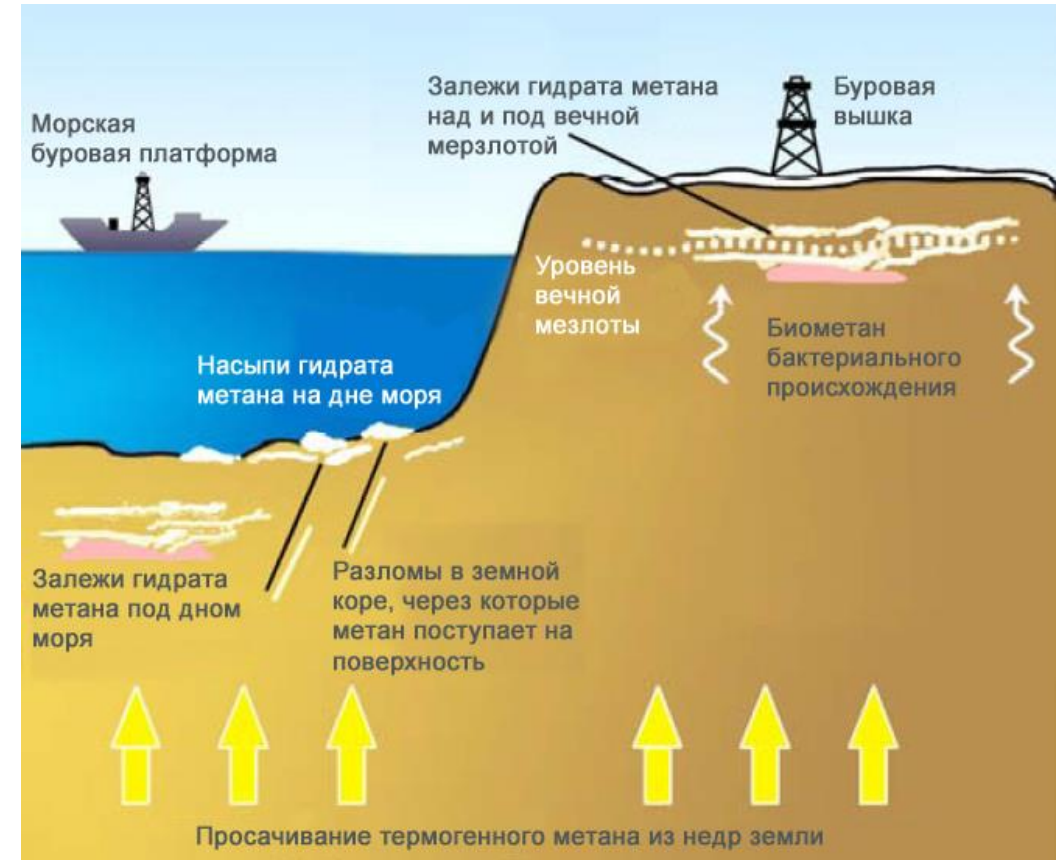
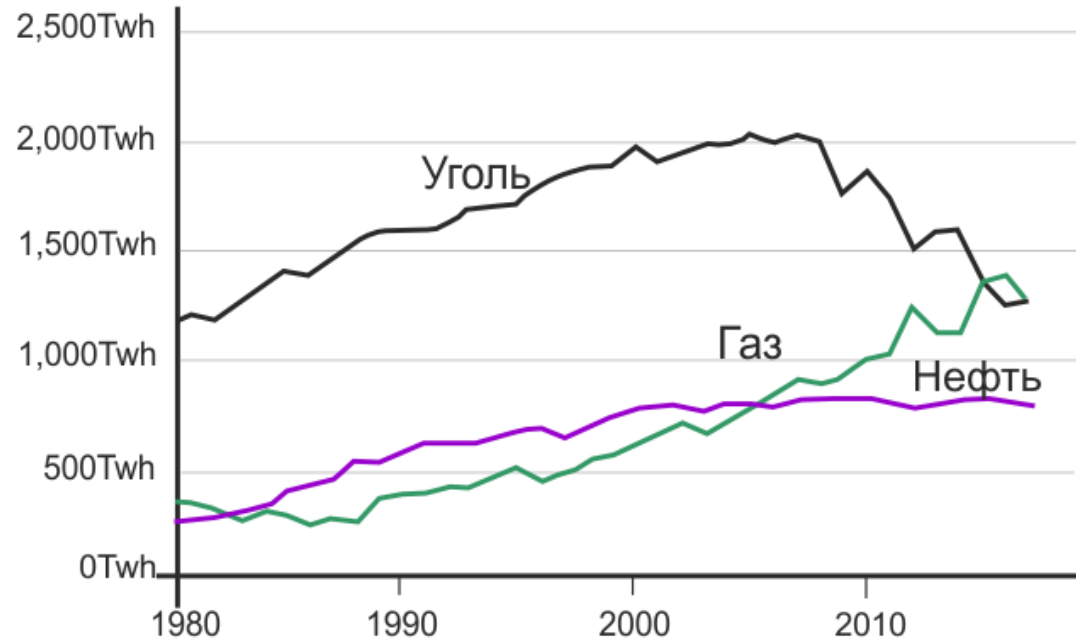


Схема образования гидрата метана

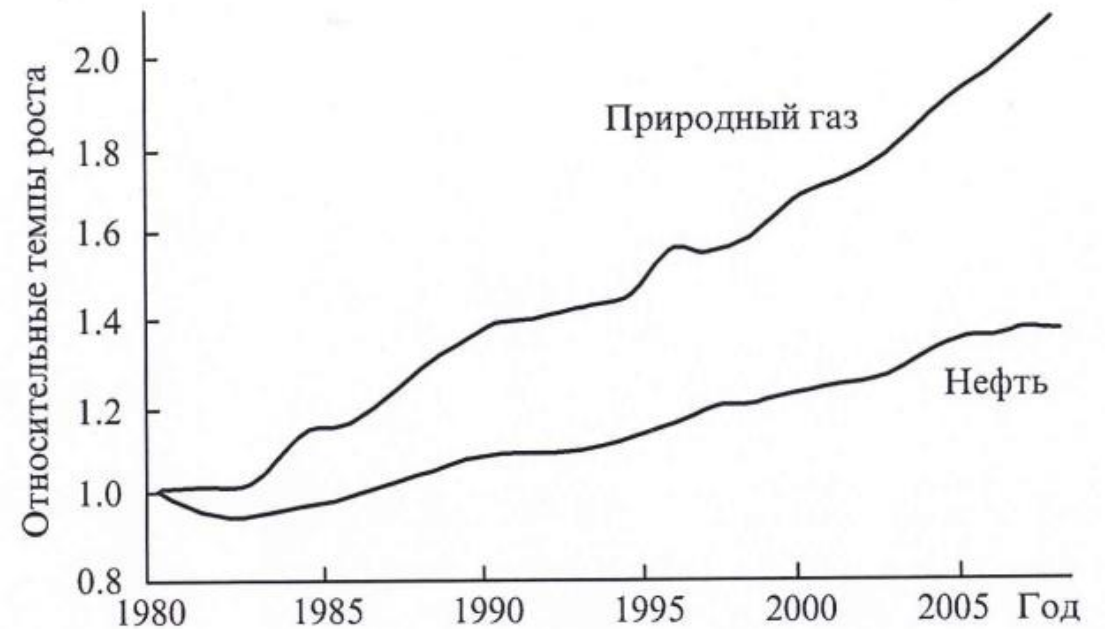
По данным Министерства энергетики США, объем газа, содержащегося в арктических песках, составляет порядка **283 млрд м³**. Гидраты морских песчаников содержат от **1000 до 10000 трлн футов³**, а гидраты, рассеянные в глинистых отложениях (marine muds), - сотни тысяч трлн футов³ метана

ПОБЕДНОЕ ШЕСТВИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА



Эволюция американской энергетической системы с 1960 года

Иллюстрация: Carbon Brief



Относительные темпы роста мирового потребления нефти и газа (за единицу принято мировое потребление в 1980 г.)

Источник: Арутюнов В.С., Лисичкин Г.В. Энергетические ресурсы XXI столетия: проблемы и прогнозы. Успехи химии, 2017, 86 (8), стр. 777 – 804

Природный газ победил уголь развивается быстрее нефти. **Будущее** за природным газом



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

В.А. Грачев,

Председатель Центрального совета ВООП, председатель Научного совета Президиума РАН по глобальным экологическим проблемам, научный руководитель Центра глобальной экологии факультета глобальных процессов МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой ЮНЕСКО, Почетный член Парламентской Ассамблеи Совета Европы, президент Неправительственного экологического фонда имени В.И. Вернадского, президент Российской экологической академии

vagrachev@gmail.com