

**комментарий к докладу
И.П.Семилетова
«Климатический и экологический
мониторинг арктических и
субарктических морей России
(1994–2024 гг.):
проблемы и избранные результаты»**

А.В. Елисеев

семинар ИГКЭ 05.06.2024

Интенсивность источников: подходы

– Прямой ("bottom-up approach"; BU)

Проведение прямых натурных измерений и обобщением их результатов на большой пространственный масштаб (вплоть до глобального).

+ : использование данных непосредственных измерений

– недостаточное покрытие поверхности измерениями, приводящее к неадекватному учёту пространственно-временной изменчивости

Предпочтителен на локальном пространственном масштабе

– Решение обратной задачи ("top-down approach"; TD)

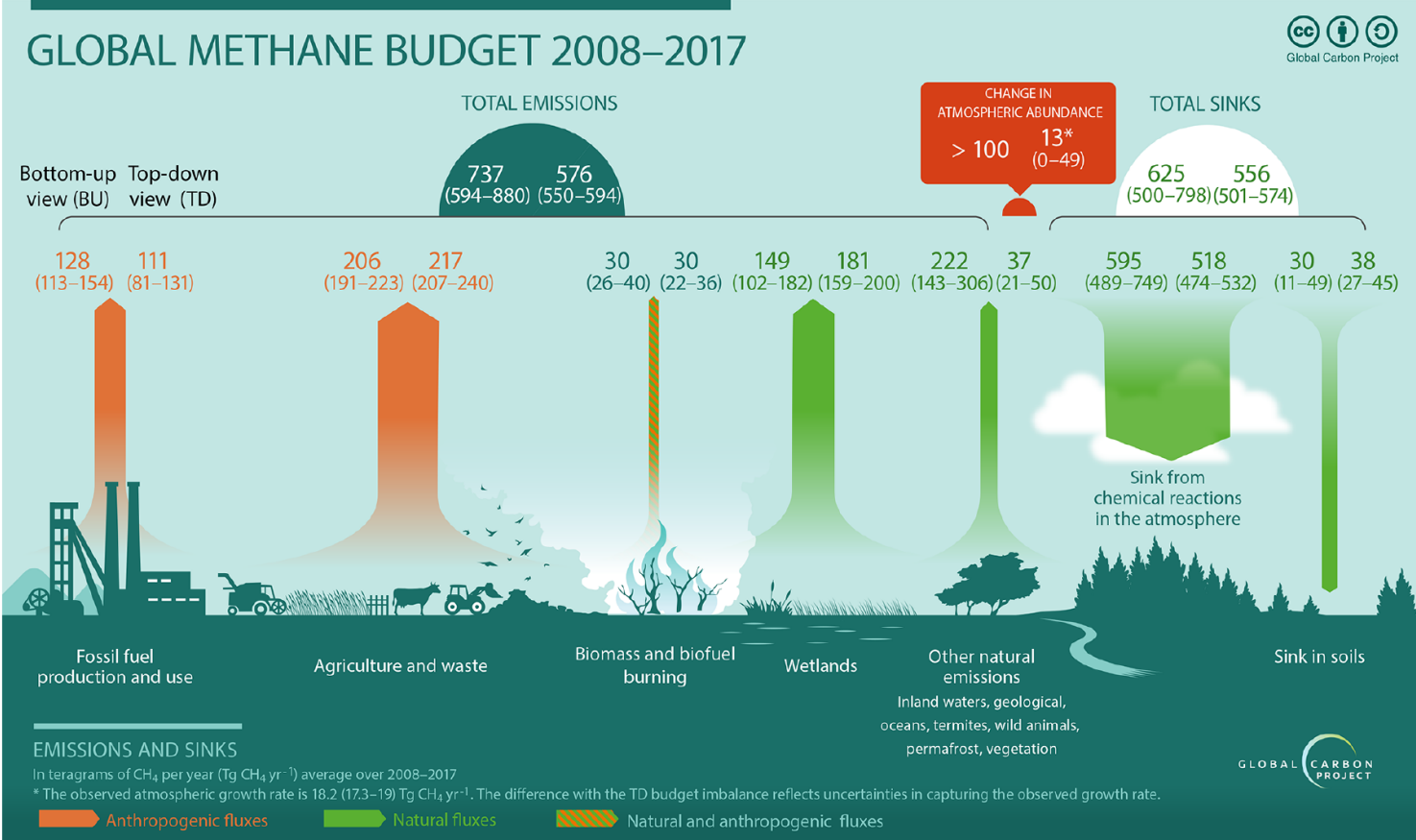
Расчёты с моделями химических процессов в атмосфере с заданием метеорологические условия. Коэффициенты моделей оптимизируются для наилучшего согласия с доступными данными наблюдений

+ : выполнение фундаментальных законов сохранения
(в том числе закона сохранения массы метана)

– : неопределённость метеорологических данных
качеством моделей.

Предпочтителен на глобальном, континентальном и субконтинентальном масштабах

Global Methane Project: бюджет метана, 2008–2017 гг. [Saunois et al., 2020]



Latitudinal band	90° S–30° N		30–60° N		60–90° N	
	Bottom-up	Top-down	Bottom-up	Top-down	Bottom-up	Top-down
Natural sources	228 [155–340]	160 [130–189]	115 [70–192]	42 [29–54]	31 [18–55]	16 [11–20]
Natural wetland	116 [71–146]	135 [116–155]	25 [10–43]	33 [24–48]	9 [2–18]	13 [7–16]
Other natural	112 [84–194]	25 [14–36]	90 [60–149]	9 [4–14]	22 [16–37]	3 [2–4]
Anthropogenic sources	202 [183–217]	208 [186–229]	152 [148–157]	144 [117–170]	12 [8–8]	6 [2–10]
Agriculture & waste	130 [121–137]	139 [127–157]	80 [77–84]	78 [67–87]	1 [1–1]	1 [1–2]
Fossil fuels	53 [43–71]	47 [37–52]	67 [61–71]	60 [34–85]	10 [6–15]	4 [2–7]
Biomass & biofuel burning	20 [18–22]	22 [18–28]	7 [6–9]	6 [5–8]	1 [0–1]	1 [1–1]
Sum of sources	430 [338–557]	368 [337–399]	267 [218–349]	186 [166–204]	43 [26–72]	22 [17–29]

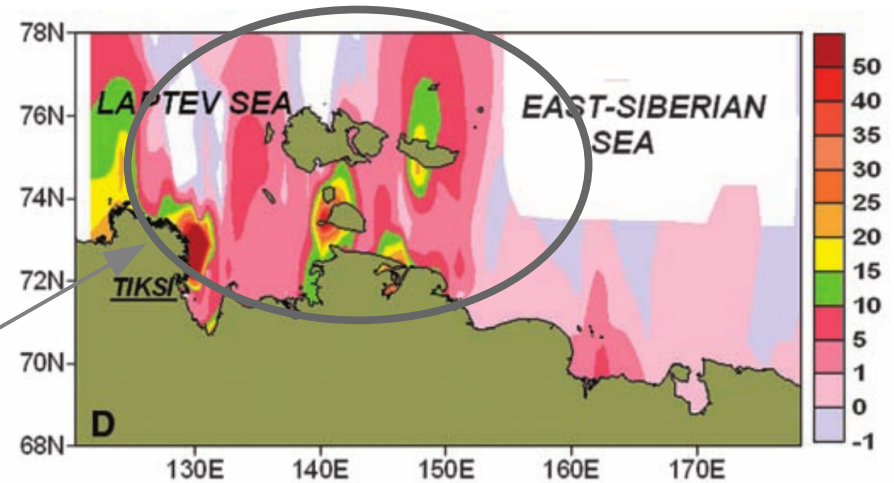
Оценки эмиссий метана от Северного Ледовитого океана

Восточно-Сибирское море и море Лаптевых

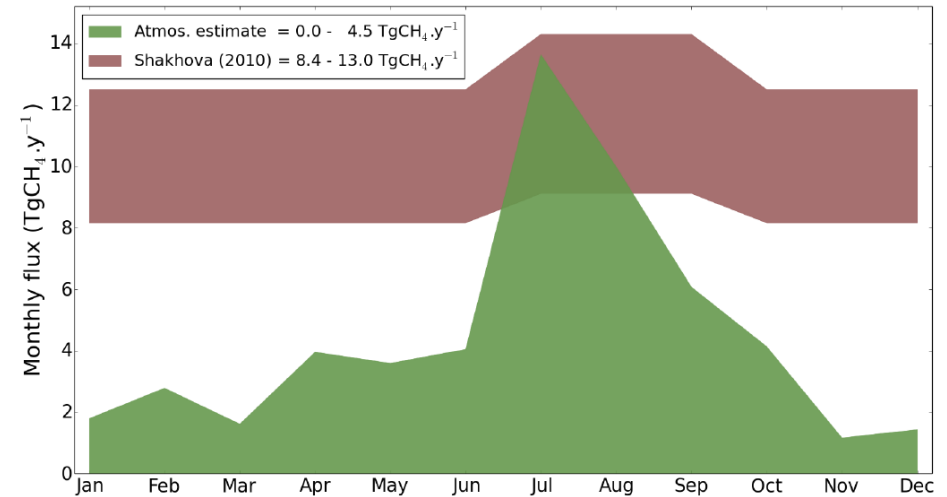
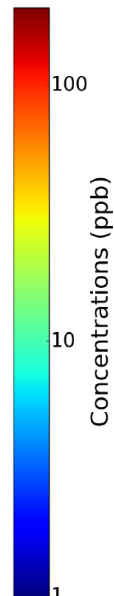
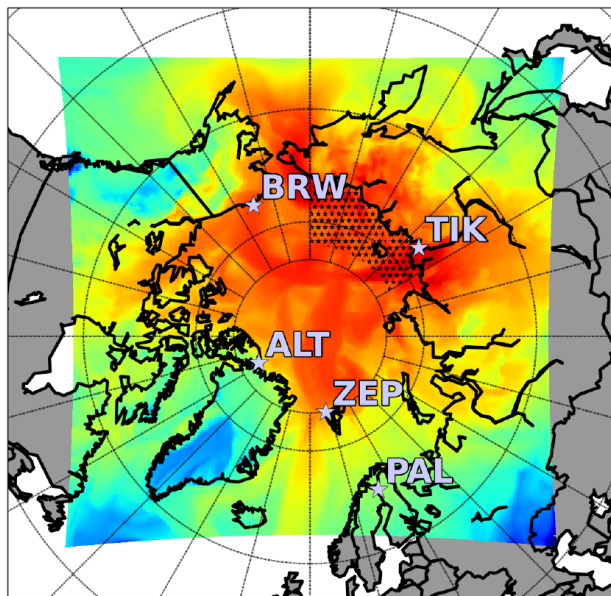
[Shakhova et al., 2010]: 6.3–9.7 Тг/год

[Shakhova et al., 2014]: до 17 Тг/год

рифтовая зона



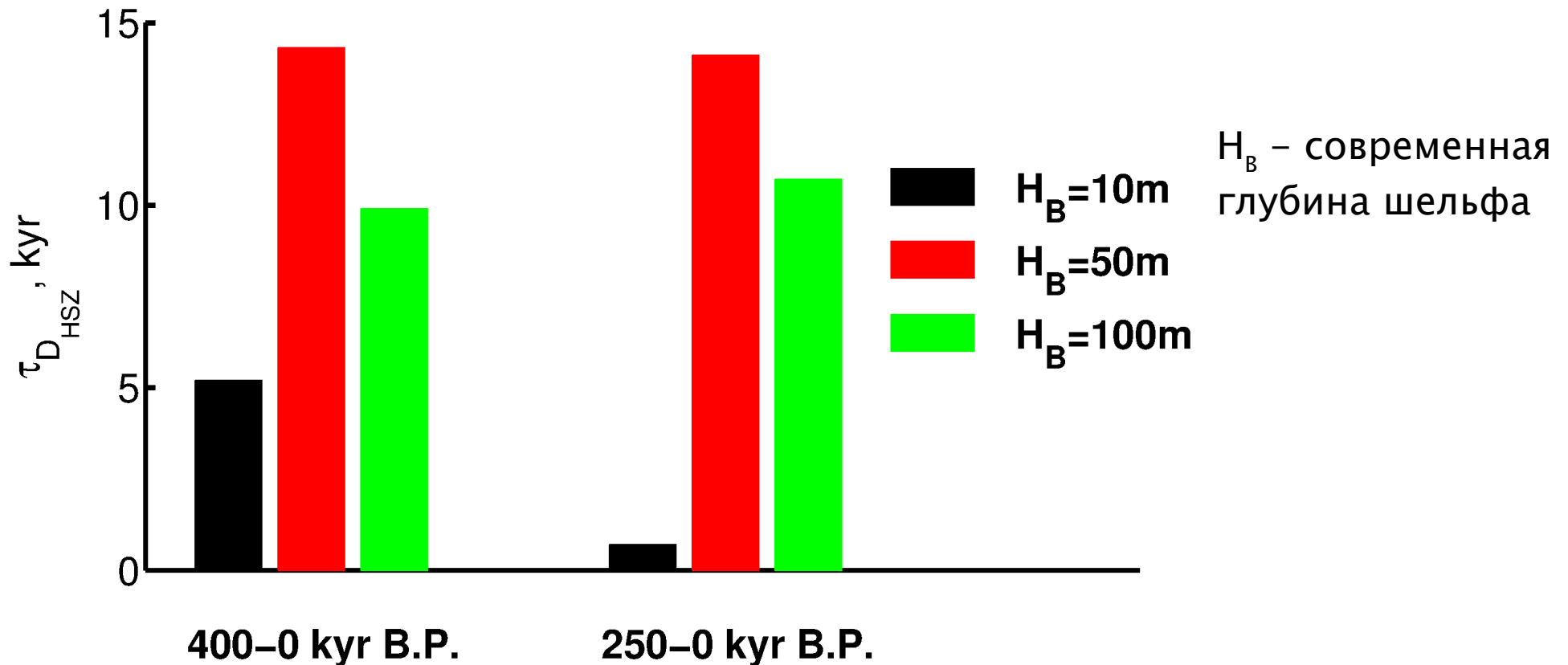
[Berchet et al., 2016]: решение обратной задачи с моделью химии атмосферы CHIMERE



≤ 4.5 Тг/год

Запаздывание отклика толщины ЗСГМ относительно придонной температуры в ледниковых циклах [Malakhova and Eliseev, 2017]

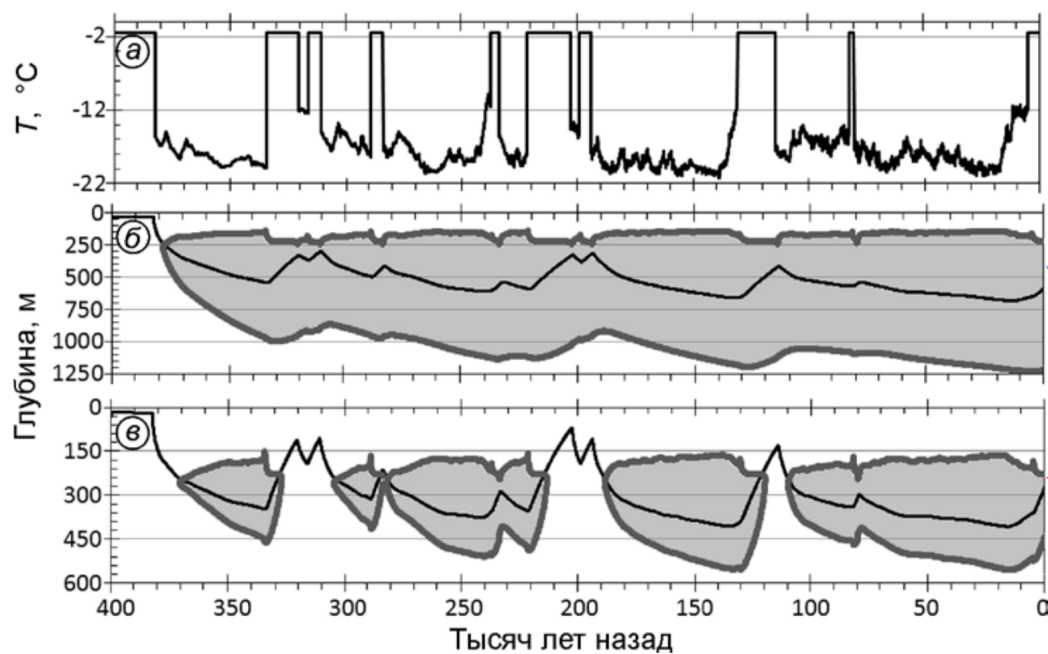
(изменение придонной температуры и уровня моря по палеосценарию) +
модель термического состояния донных отложений с учётом фазовых переходов) +
(соотношения для ЗСГМ)



согласуется с результатами [Romanovskii et al., 2005], полученными для отдельных скважин

Зависимость от интенсивности геотермального потока тепла [Малахова, Елисеев, 2018]

$H_B = 20 \text{ м}$

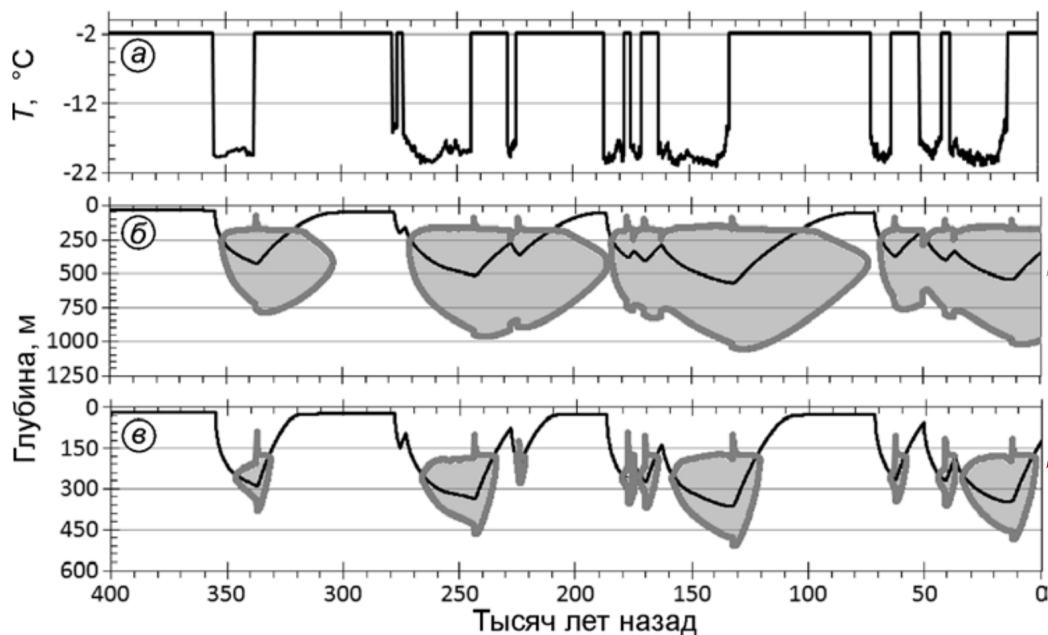


— подошва ВМ
■ ЗСМГ

$G = 60 \text{ мВт м}^{-2}$

$G = 100 \text{ мВт м}^{-2}$

$H_B = 70 \text{ м}$

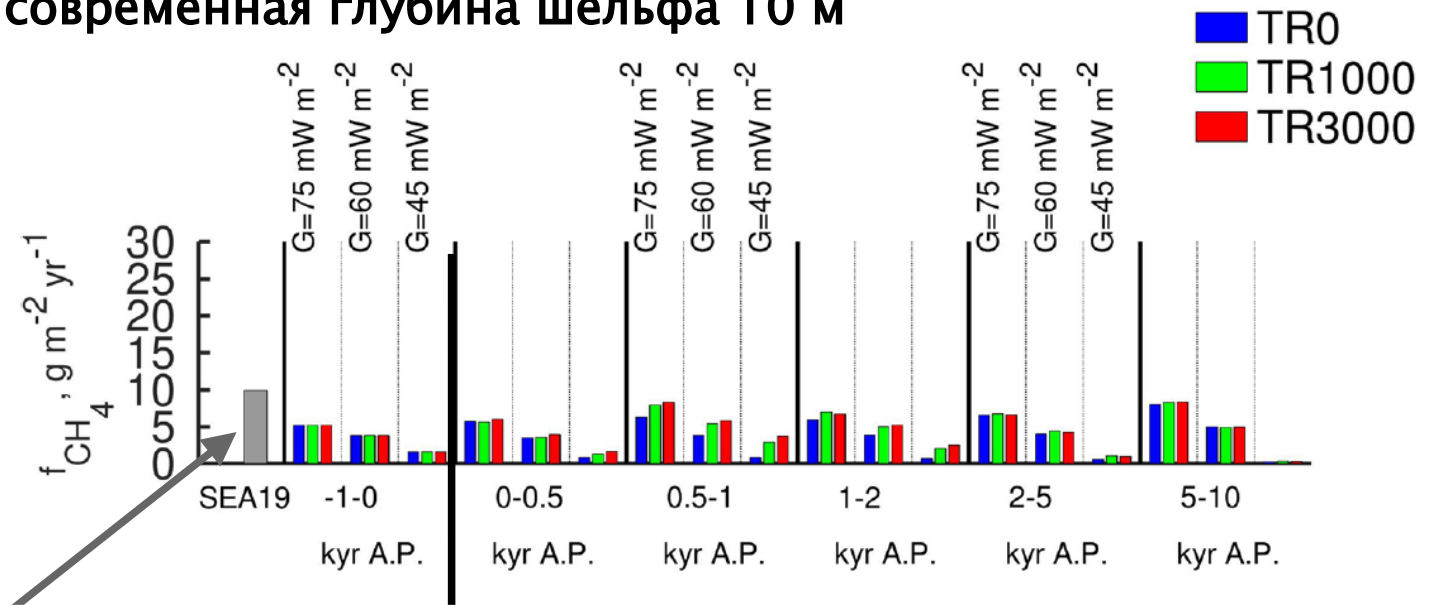


в рифтовых зонах уже
сейчас возможное почти
полное таяние ВМ и
значительные потоки
метана от МГ

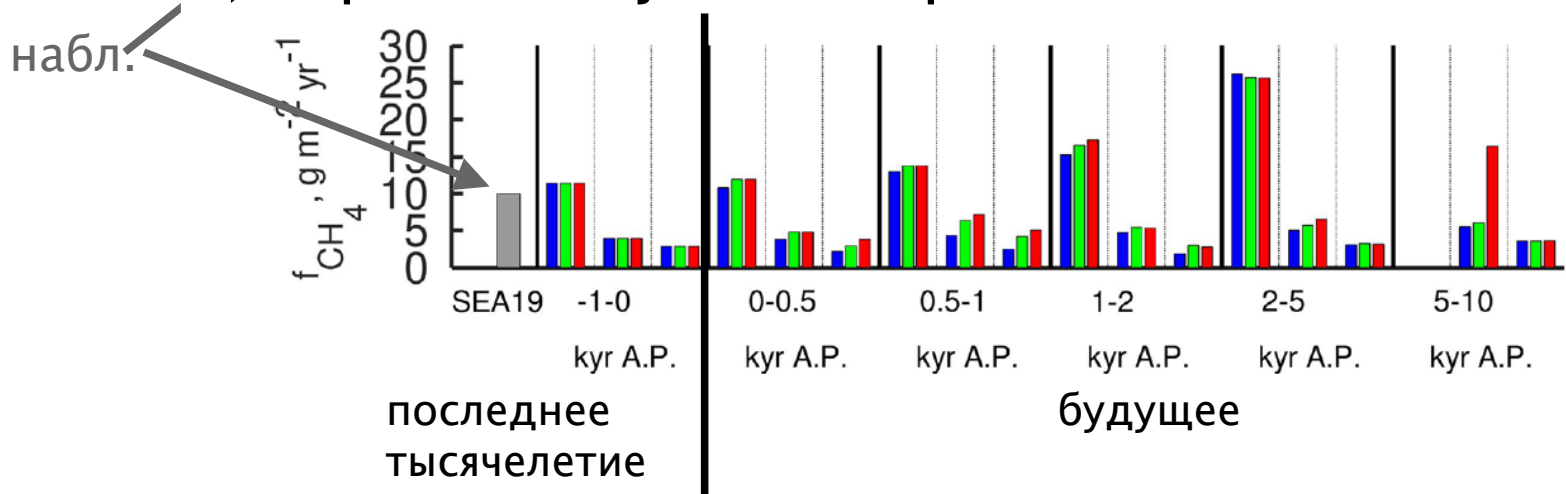
Оценки интенсивности потока метана из ДО в воду при изменениях климата в будущие тысячелетия [Malakhova, Eliseev, 2024]

Климатические сценарии Climber-2 (антропогенные эмиссии CO₂ в атмосферу с общей интенсивностью 0–3000 ПгС длительностью несколько столетий, затем расчёты с нулевыми антропогенными эмиссиями CO₂)

а) современная глубина шельфа 10 м



б) современная глубина шельфа 50 м



Выделение CO₂ из почвы при таянии вечной мерзлоты: модели деятельного слоя суши [Burke et al., 2017]

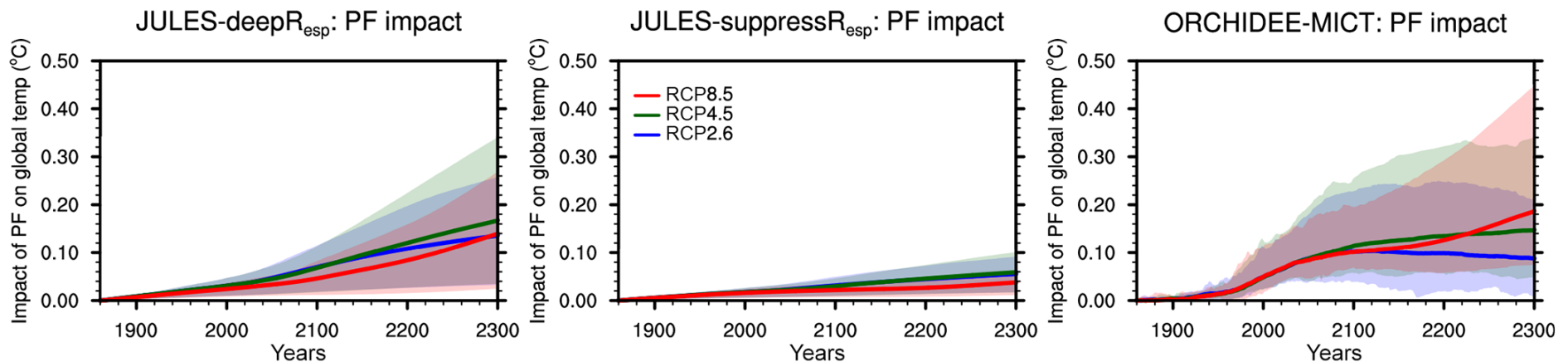
JULES-deepR_{esp}: разложение органики до глубины 2.5 м

JULES-suppressR_{esp}: разложение органики до глубины 0.56 м (имитация "старого углерода")

ORCHIDEE-MICT

изменения климата: модель IMOGEN

Влияние на изменение глобальной температуры



RCP2.6: ≤ 17% от потепления без учёта этого эффекта

RCP4.5 и 8.5: ≤ 10% от потепления без учёта этого эффекта

Выделение CH_4 из почвы при таянии вечной мерзлоты [Schneider von Deimling et al., 2012]

(MAGICC6, RCP 8.5)

