



ПОТОКИ CO_2 В ЭКОСИСТЕМАХ ОЛИГОТРОФНОГО ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

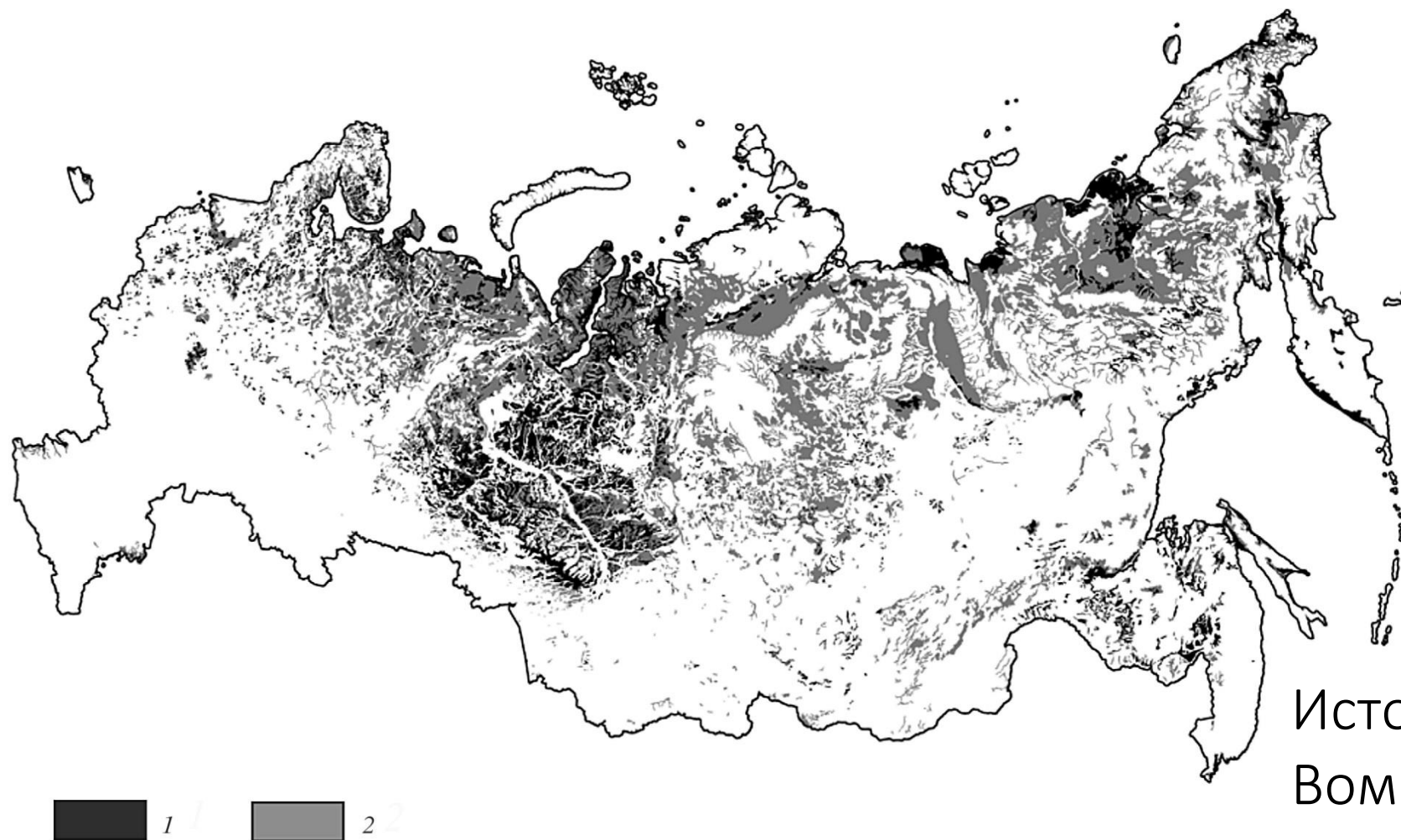
Мамкин В.В.¹, Авилов В.К.¹, Варлагин А.В.¹, Иванов Д.Г.¹, Курбатова Ю.А.¹

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

28 Апреля Москва



БОЛОТА В РОССИИ

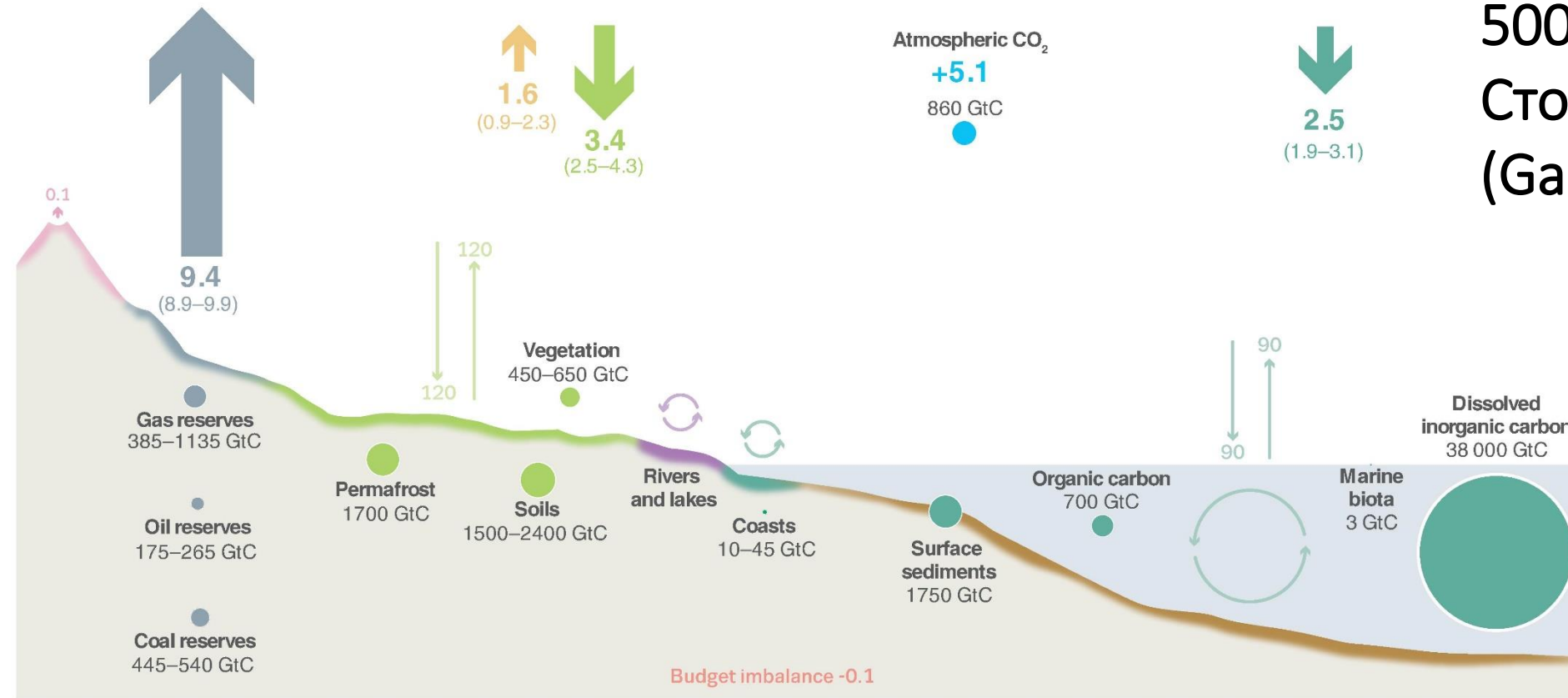


Источник:
Вомперский и др., 2011

Рис 1. Распространение болот (мощность торфа >30 см) (1) и заболоченных мелкоотторфованных земель (мощность торфа <30 см) (2) на территории России.

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА

The global carbon cycle



Болота северных широт
500±100 ГтС (Yu, 2012)
Сток: 0.14 ГтС в год
(Gallego-Sala et al., 2018)

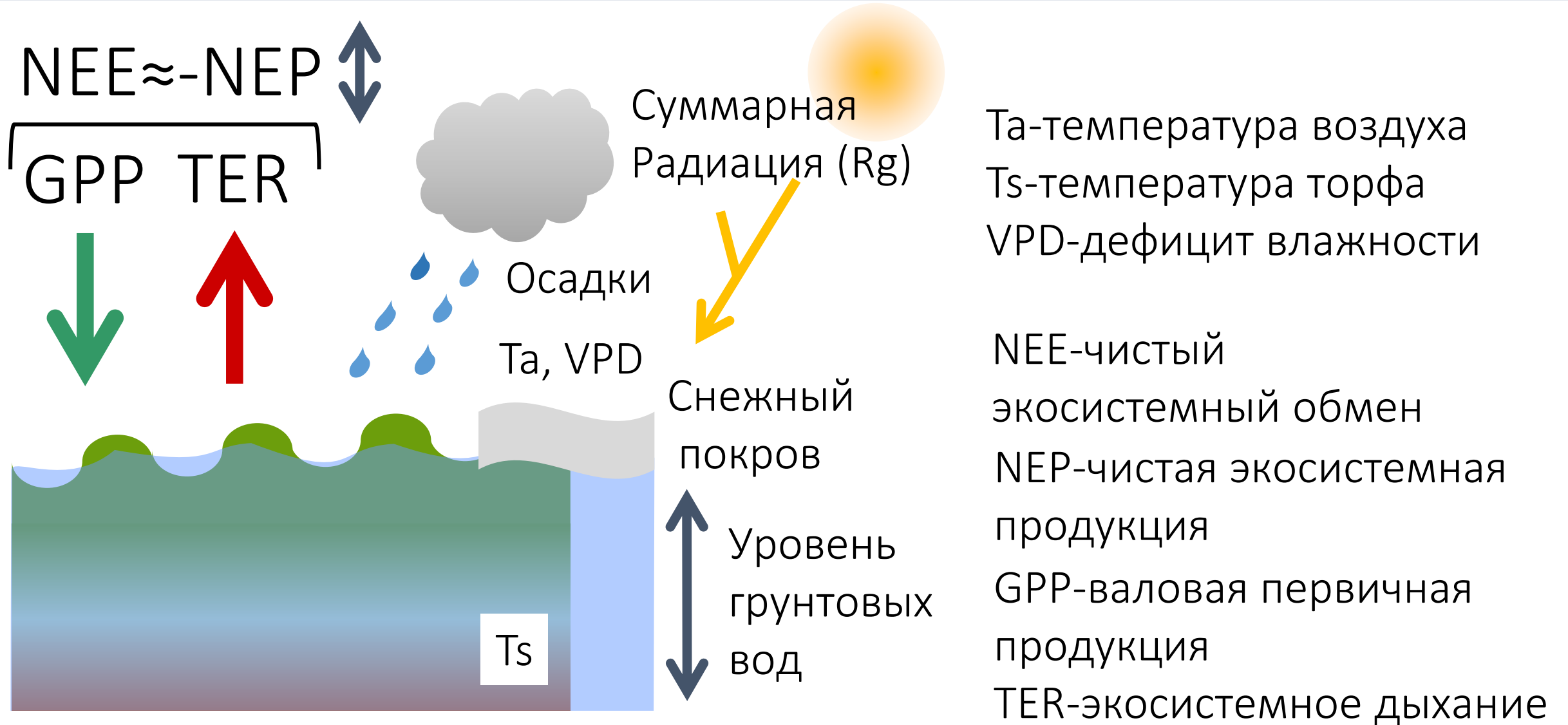
Anthropogenic fluxes 2010–2019 average GtC per year



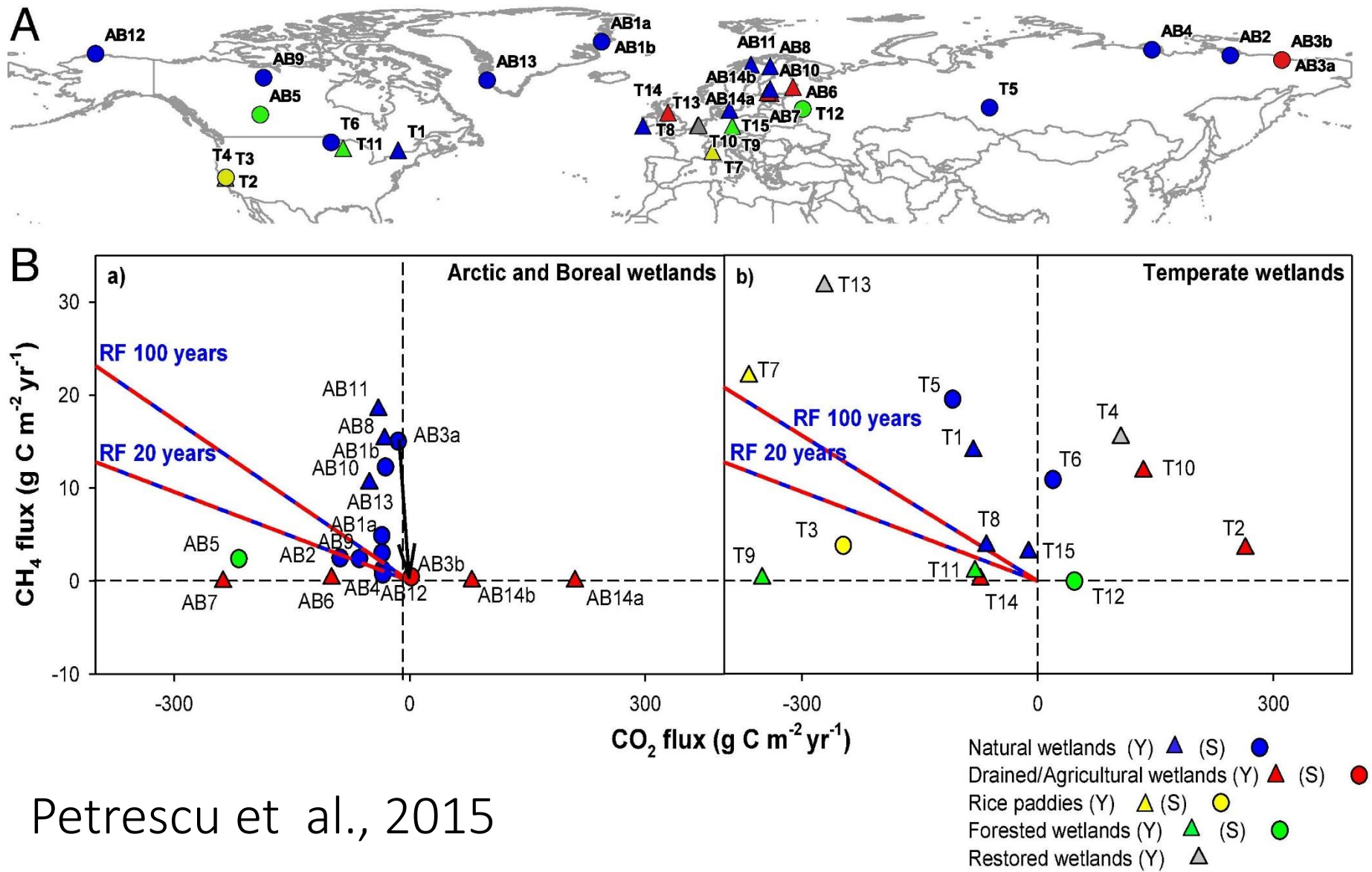
ИСТОЧНИК:

Friedlingstein et al., 2020

ОБМЕН CO₂ БОЛОТ С АТМОСФЕРОЙ



ОЦЕНКИ ПОТОКОВ CO₂ И CH₄ ПО ДАННЫМ СЕТИ FLUXNET

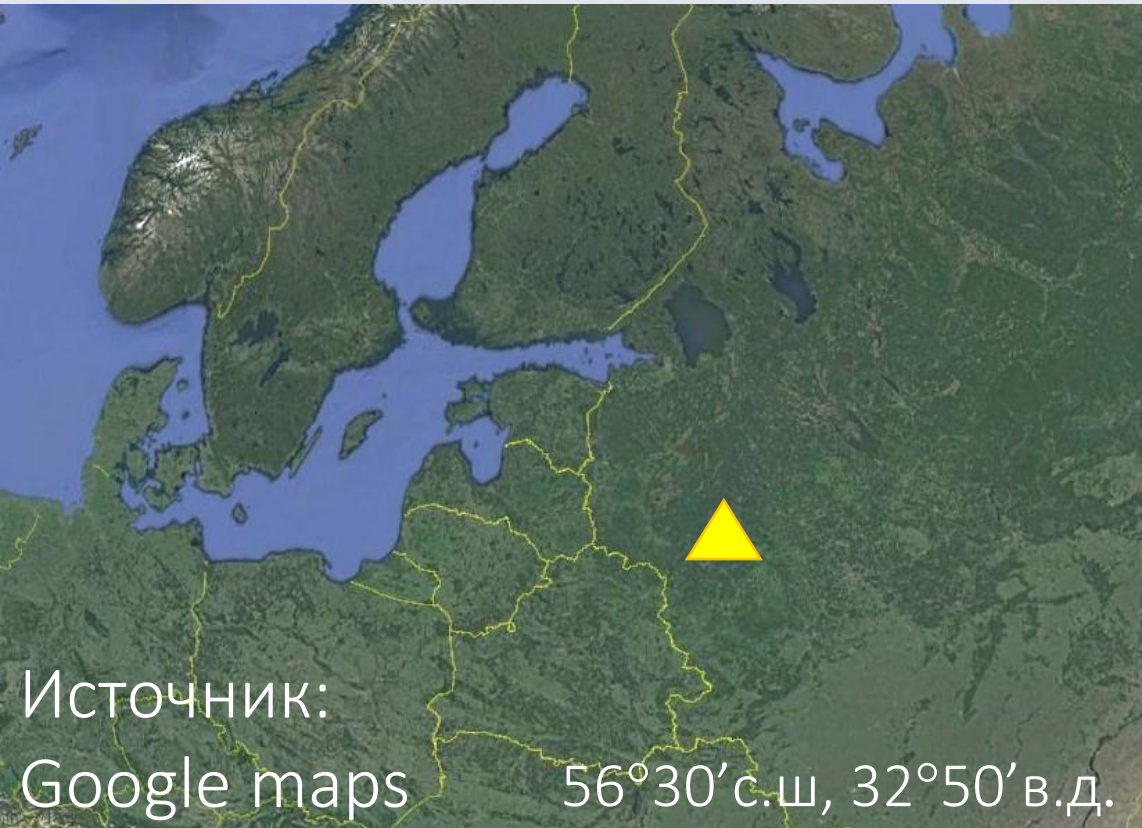


Источник: Petrescu et al., 2015

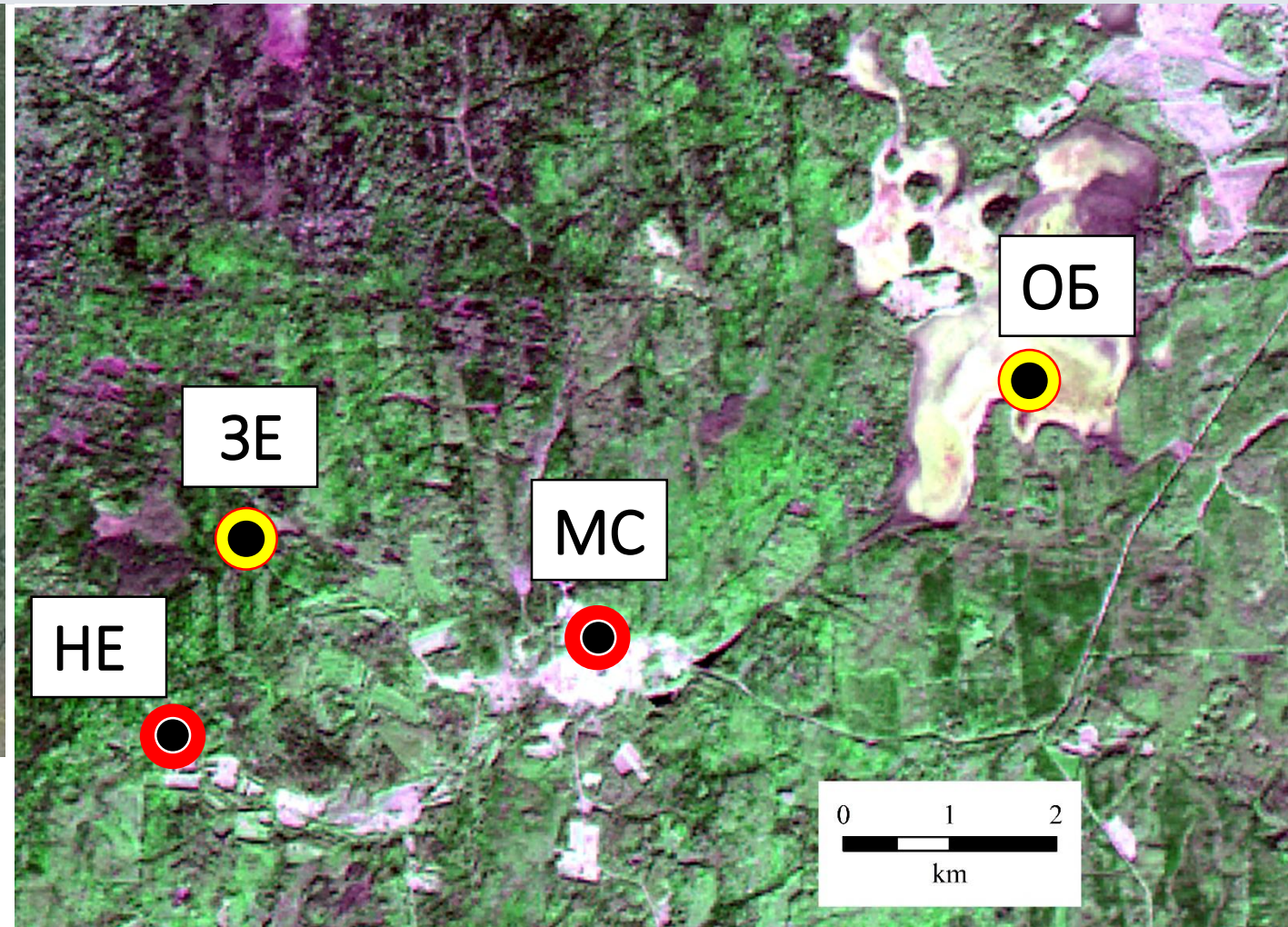
ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ межгодовой изменчивости чистого экосистемного обмена CO_2 (NEE) и его компонентов (GPP и TER) в различных южно-таёжных экосистемах олиготрофного заболачивания: в сфагново-черничном ельнике и на верховом болоте, расположенных в одних и тех же географических условиях, и определение зависимости потоков CO_2 от факторов внешней среды на основе данных 6 лет одновременных пульсационных наблюдений.

РАЙОН И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ



ЗЕ-заболоченный ельник
ОБ-олиготрофное болото
МС-метеостанция «Лесной заповедник»
НЕ-неморальный ельник



Источник: Landsat-8

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ



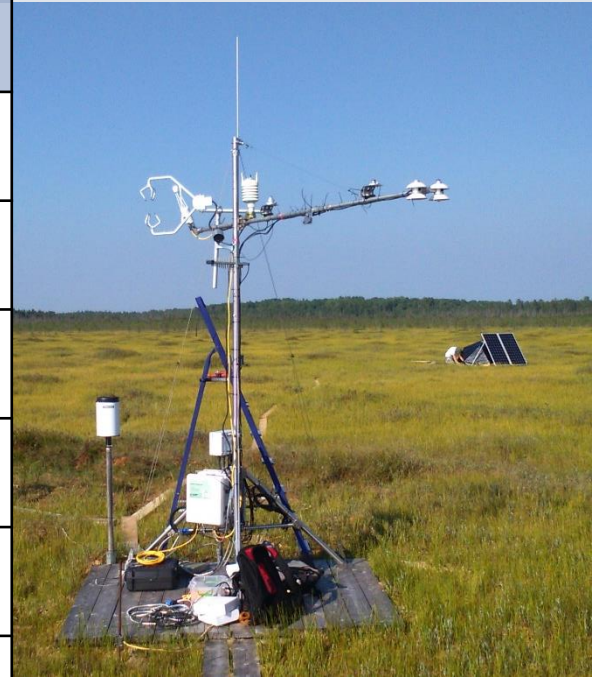
Ельник	Болото
Fluxnet ID	
RU-Fy0	RU-Fy4
Высота растительности [м]	
16.9	0.3
Высота измерений [м]	
29	3
Толщина торфяной залежи [м]	
0.6	3.2
Почвы	

DBH=21.6 см

LAI=3.5

Торфяно-подзолисто-глеевые

Торфяно-олиготрофные



ИЗМЕРЕНИЯ (МЕТОД ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ)

Пульсационные наблюдения

Акустический анемометр

CO₂/H₂O газоанализатор

Регистратор данных

Метеорологические наблюдения

Датчик фотосинтетически активной радиации (ФАР)

Датчики актинометрических наблюдений

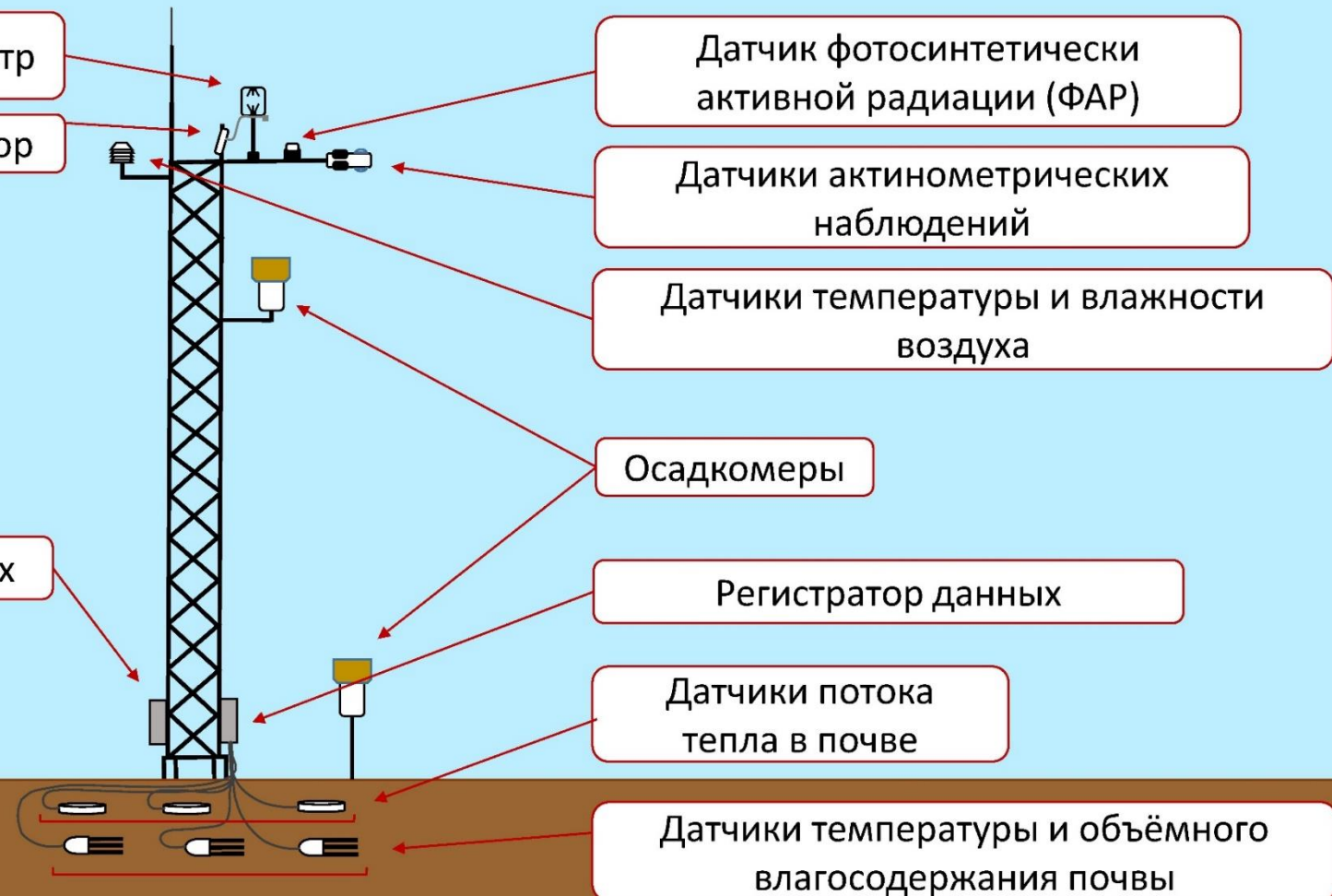
Датчики температуры и влажности воздуха

Осадкомеры

Регистратор данных

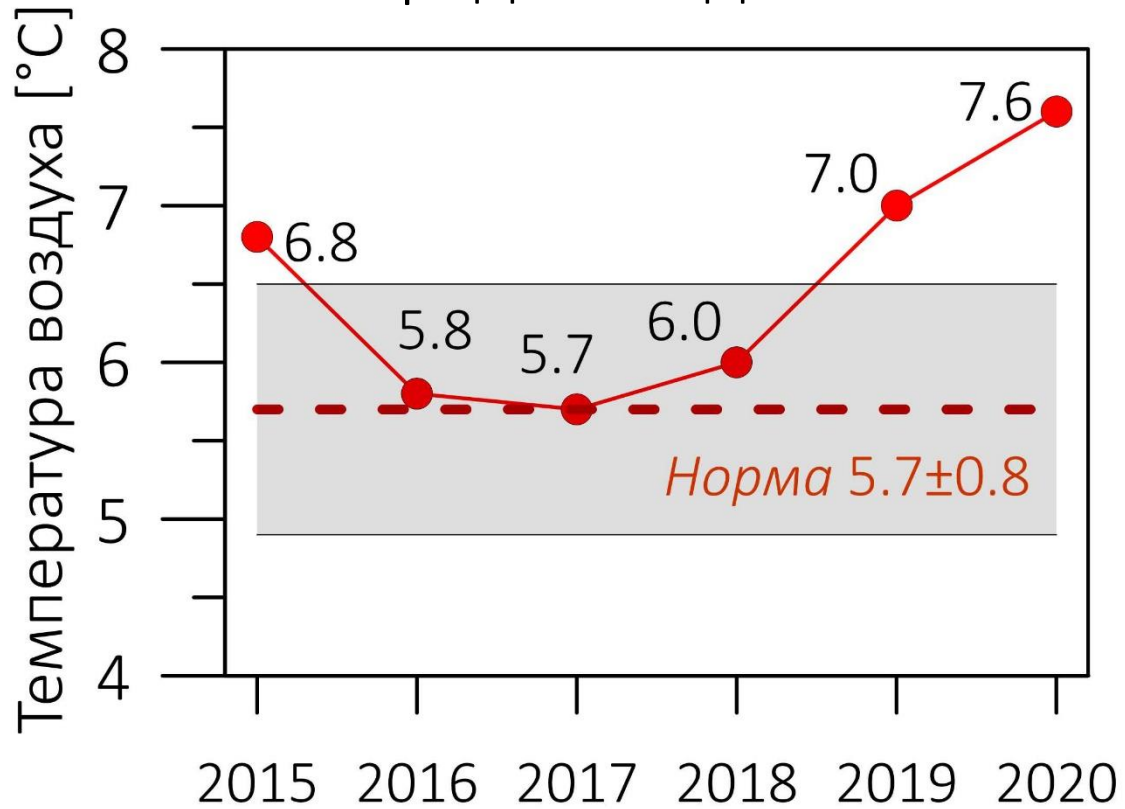
Датчики потока тепла в почве

Датчики температуры и объёмного влагосодержания почвы

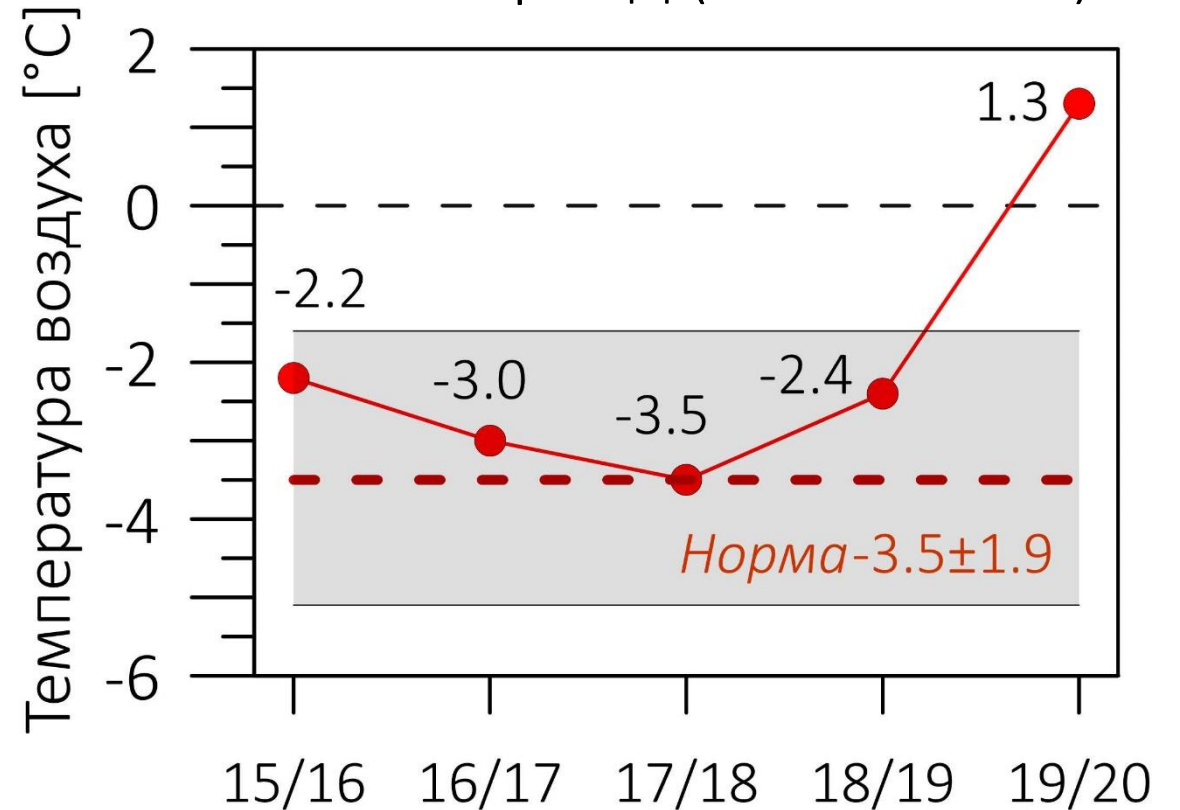


УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (2015-2020)

Средняя годовая



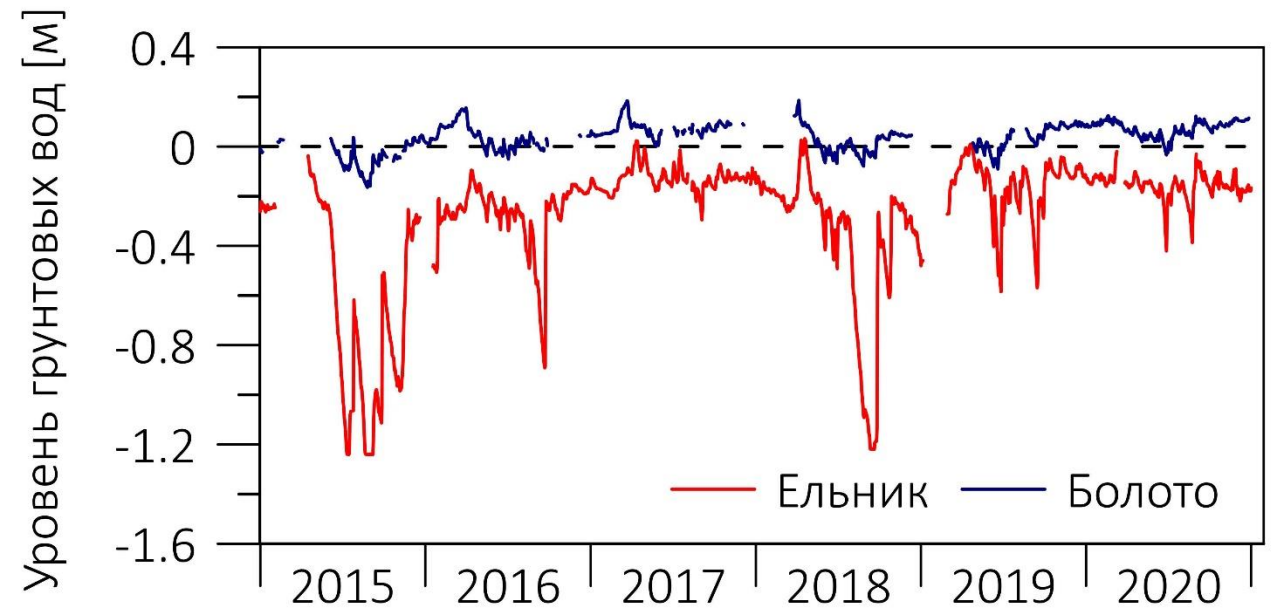
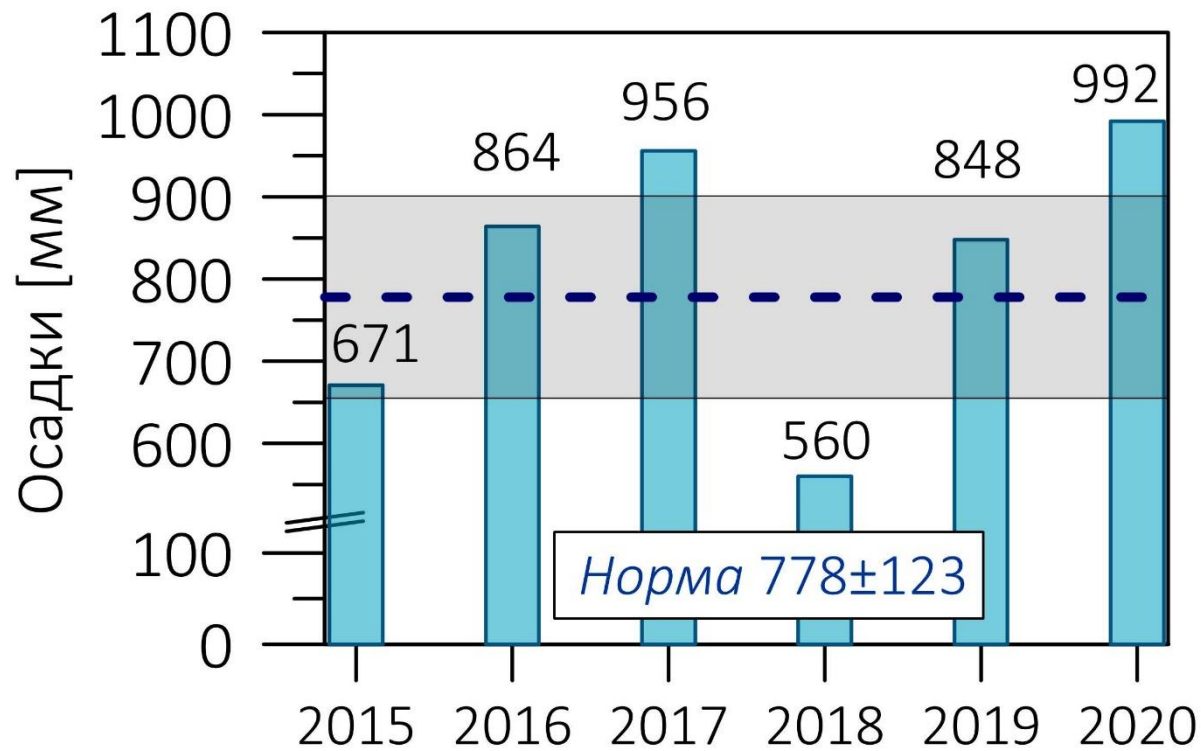
Зимний период (01.11-31.03)



По данным метеостанции «Торопец»

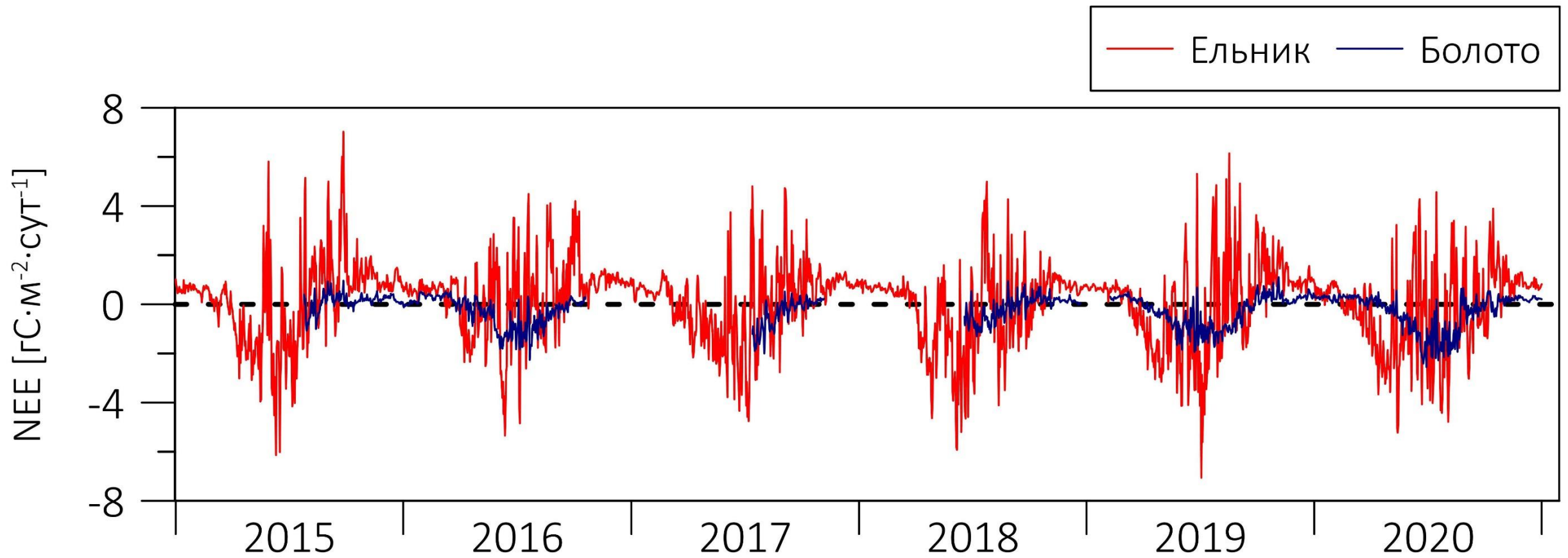
УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (2015-2020)

Годовая сумма



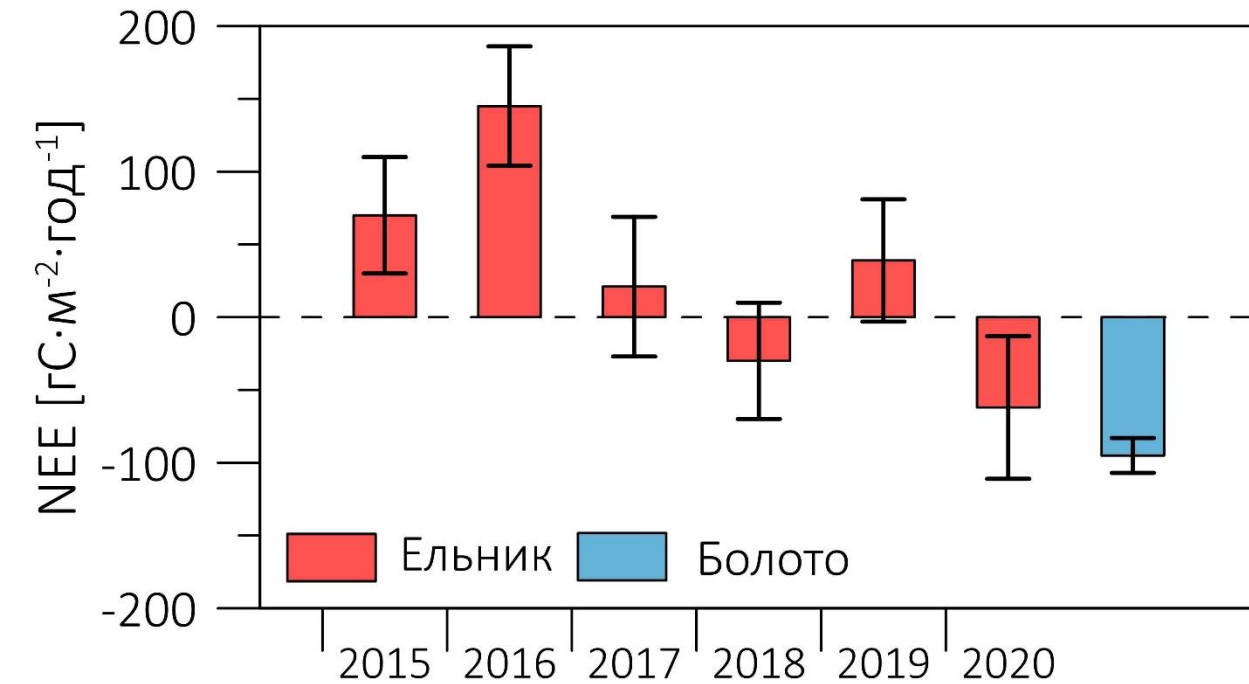
По данным метеостанции
«Лесной заповедник»

СЕЗОННЫЙ ХОД NEE

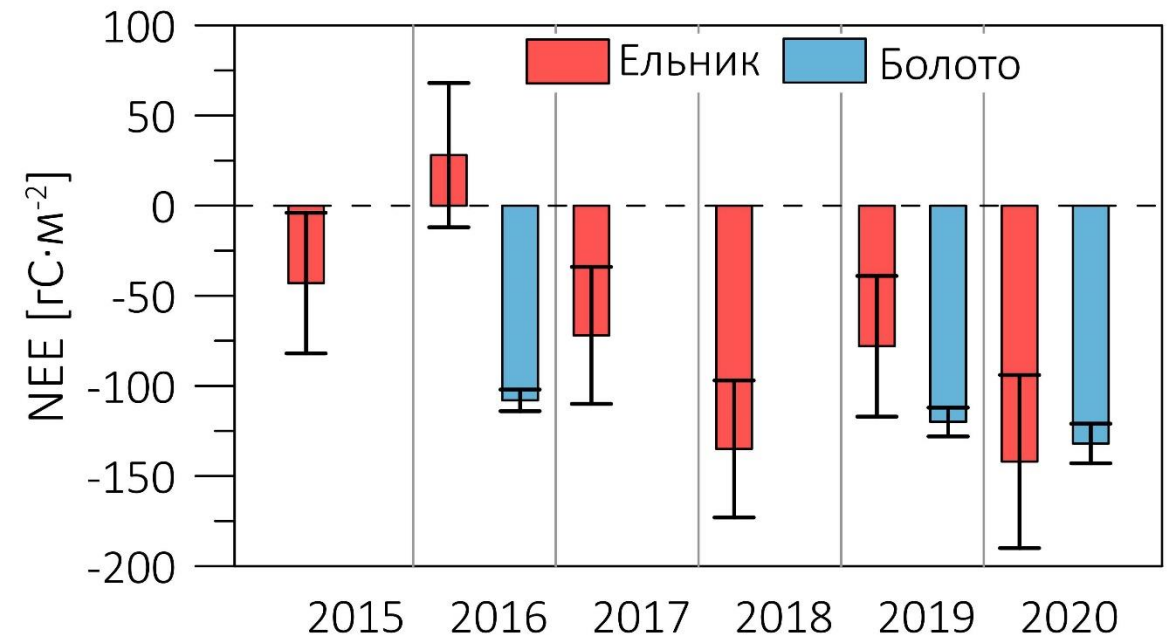


ЧИСТЫЙ ЭКОСИСТЕМНЫЙ ОБМЕН

Годовые суммы



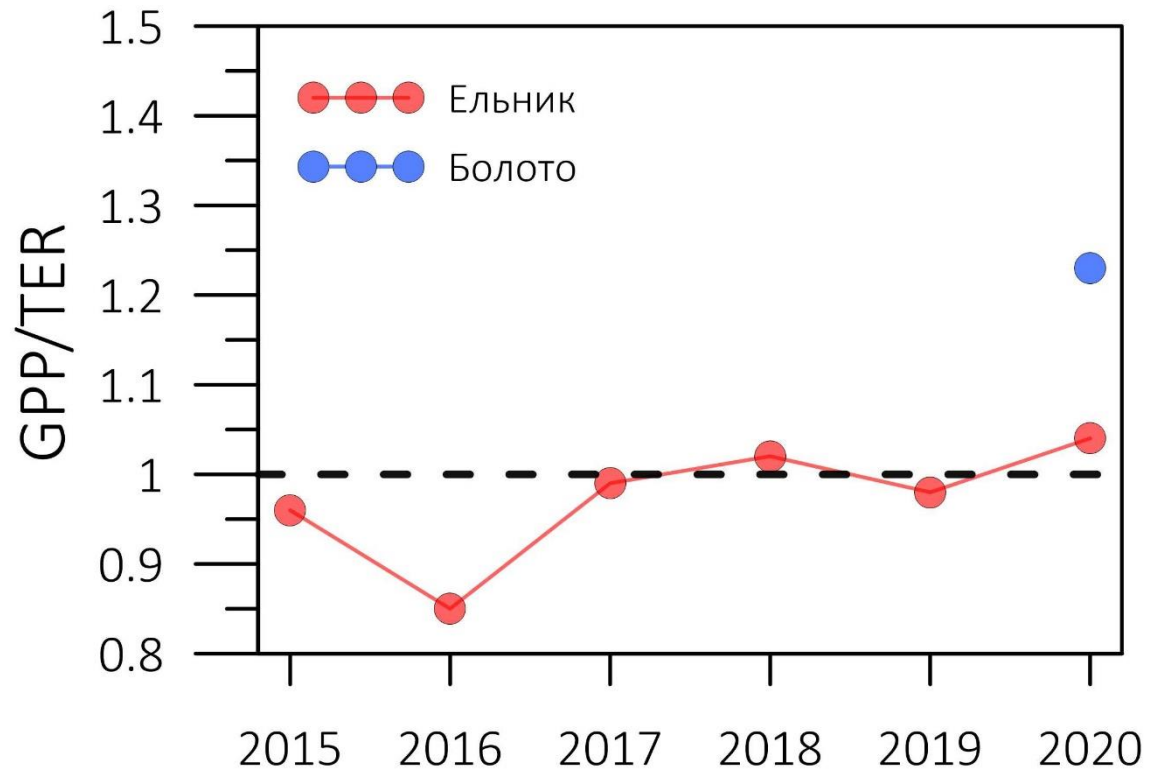
Суммы вегетационного периода



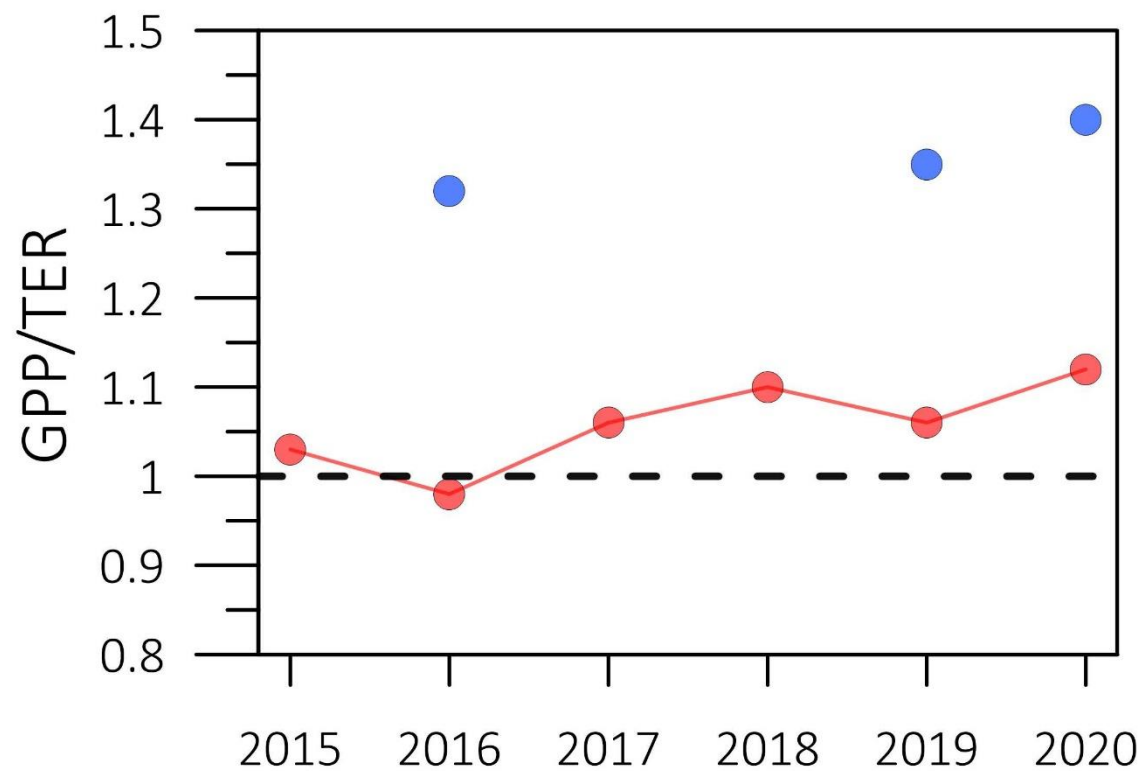
Суммы NEE \pm неопределённость, связанная со случайными погрешностями при измерениях и обработке данных

GPP/TER

Средние годовые

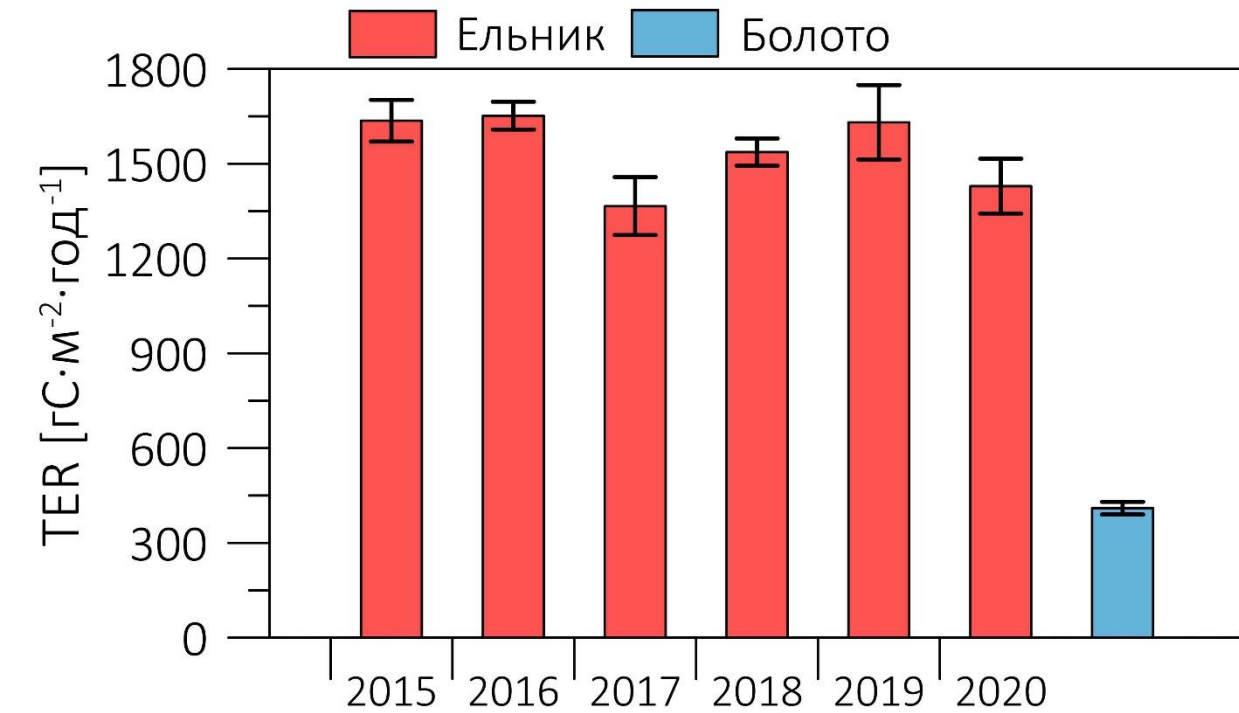


Вегетационного периода

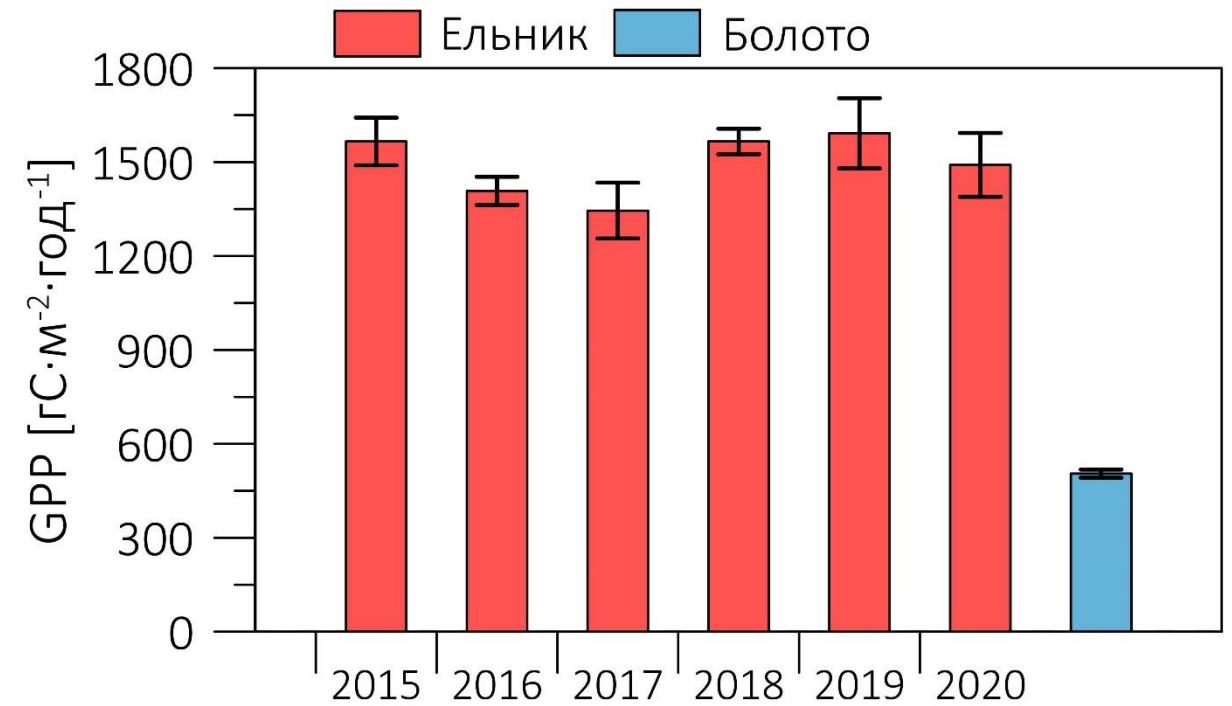


ГОДОВЫЕ СУММЫ TER И GPP

TER

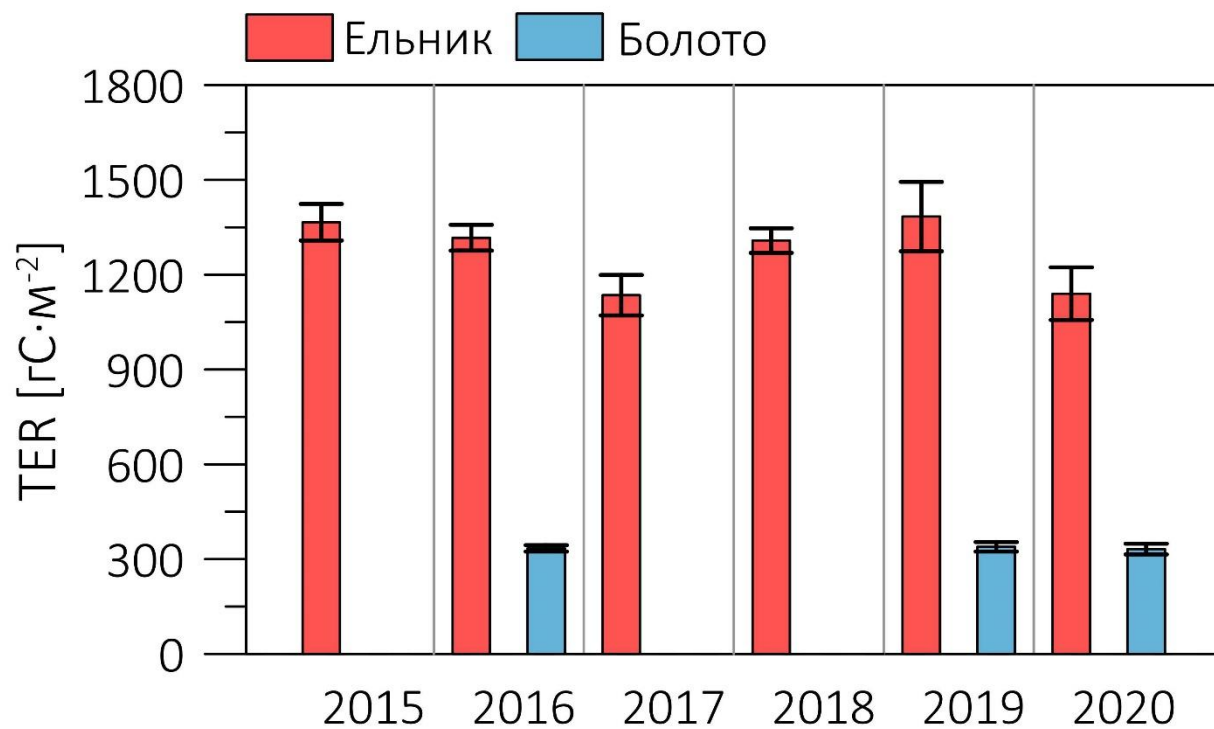


GPP

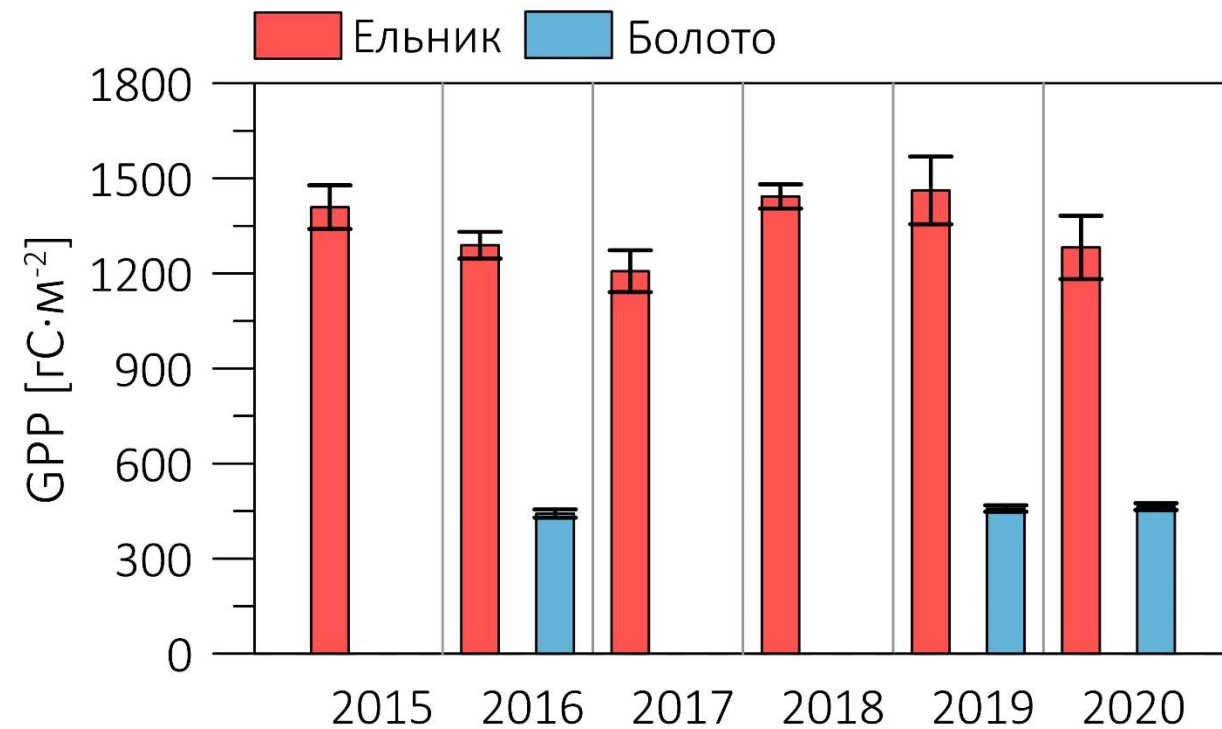


СУММЫ TER И GPP ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

TER

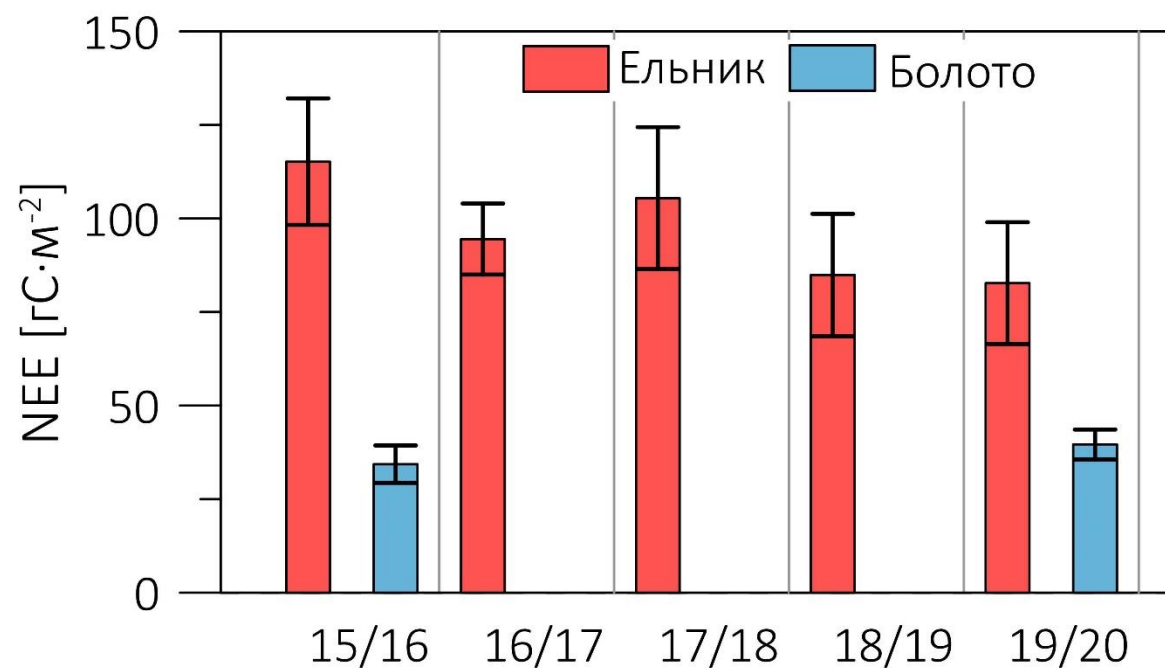


GPP

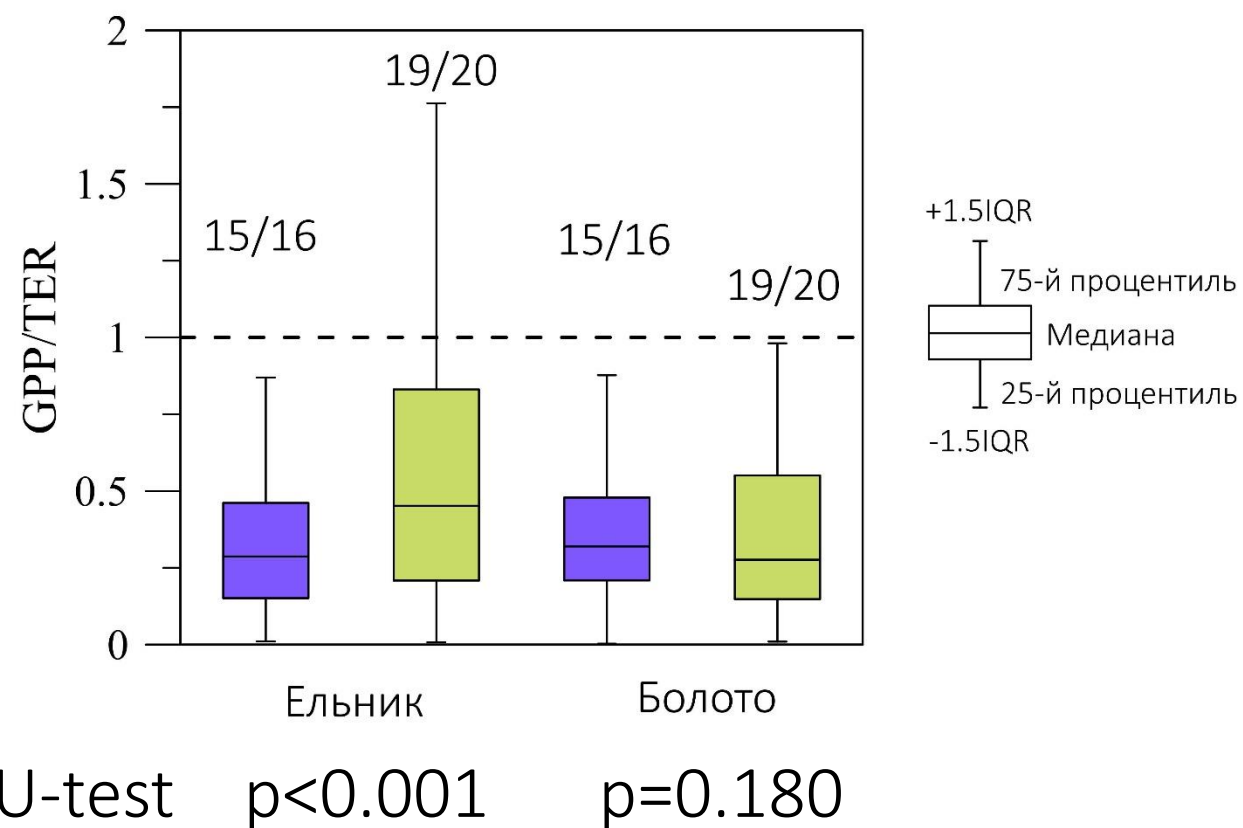


ЗИМНИЕ ПОТОКИ (БАЛАНС)

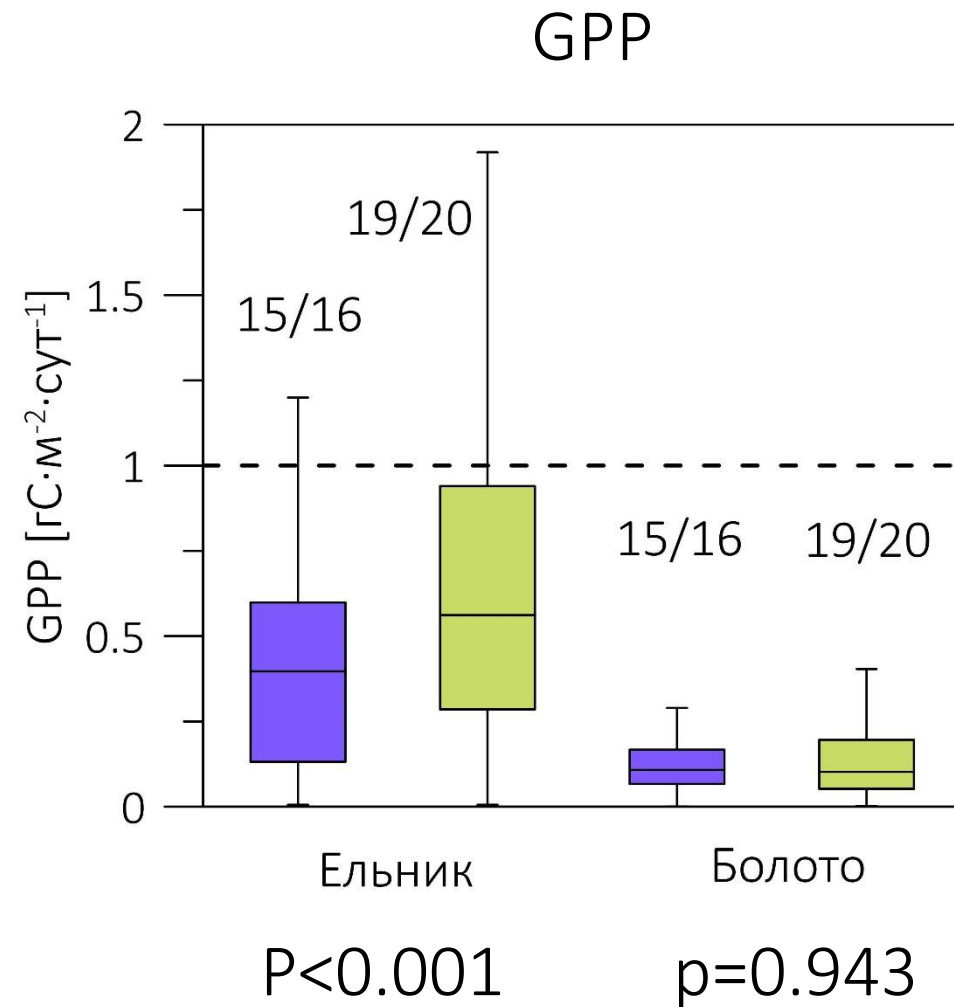
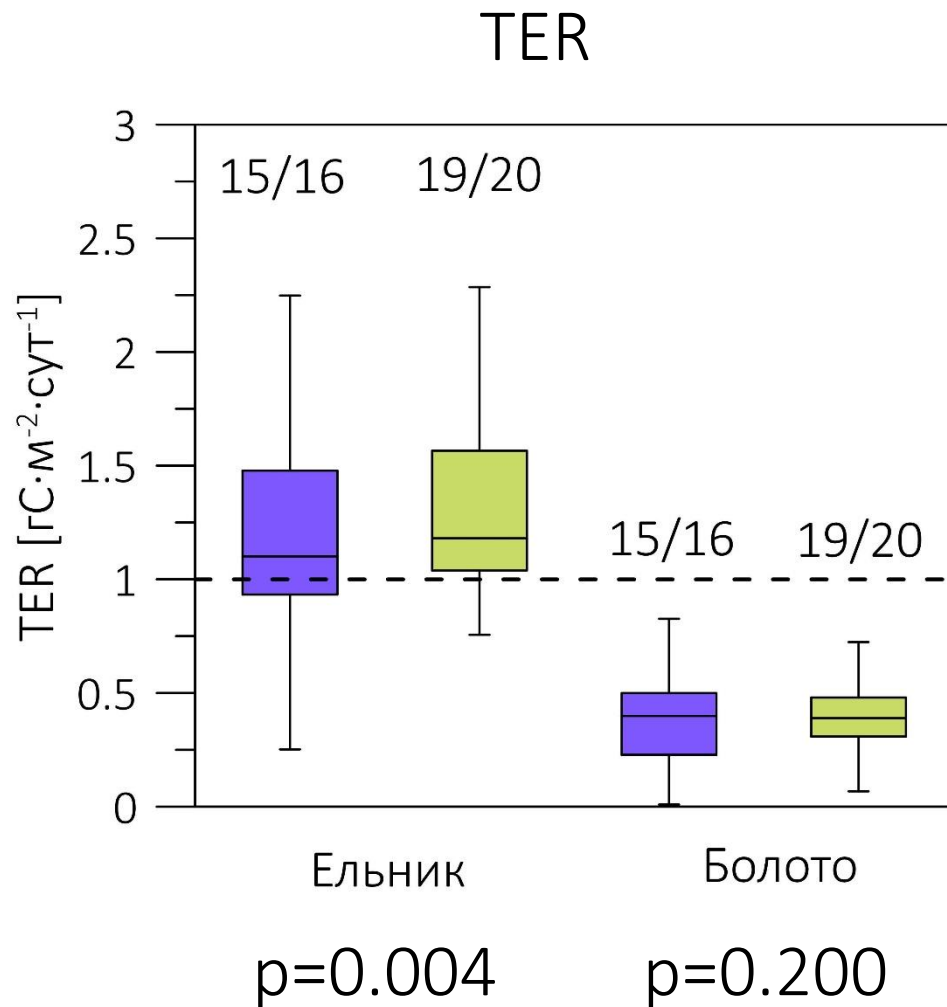
NEE в период 01.11-31.03



Сравнение зим



ЗИМНИЕ ПОТОКИ (TER И GPP)



ЗАВИСИМОСТЬ TER ОТ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

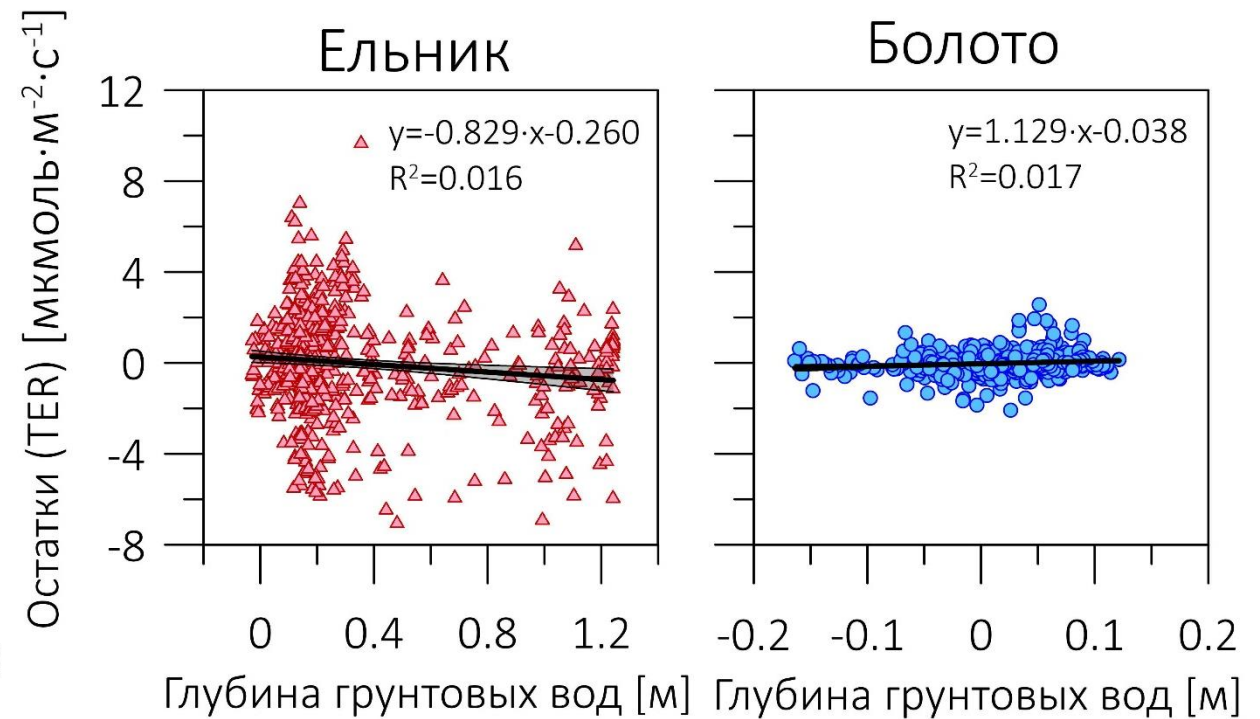
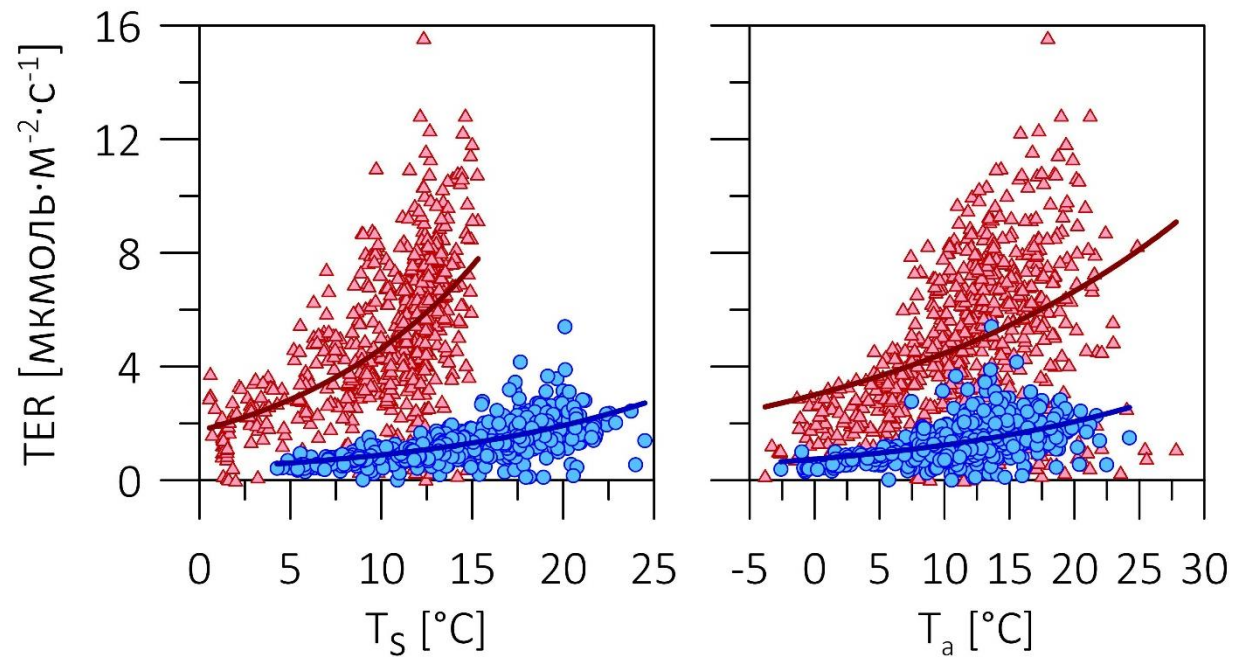
$$Q_{10}=2.66$$

$$Q_{10}=1.49$$

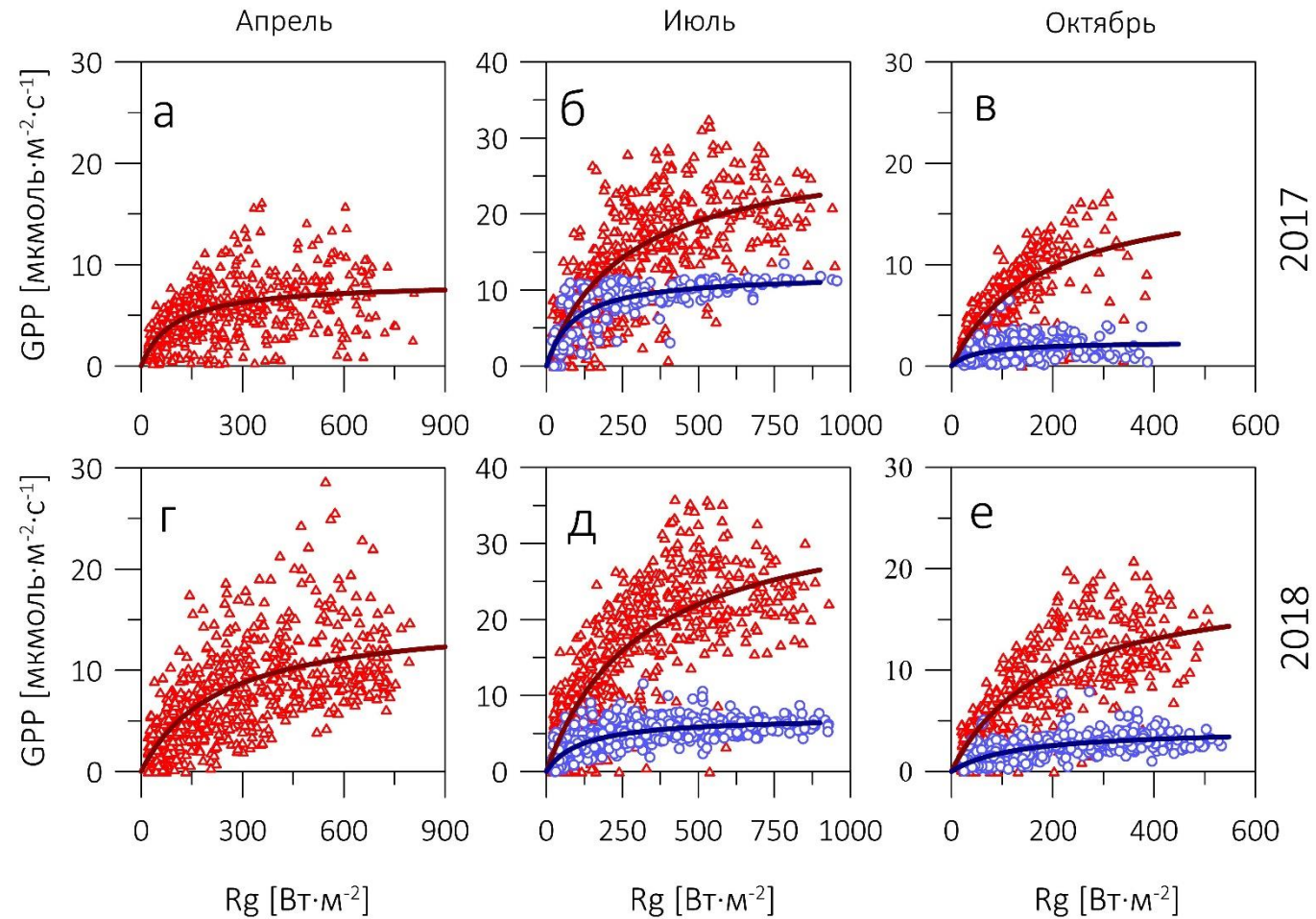
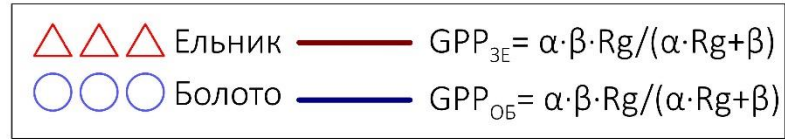
$$Q_{10}=2.16$$

$$Q_{10}=1.67$$

- ▲▲▲ Ельник — Ln(TER)= $\alpha \cdot T_s + \gamma$ (Ельник)
●●● Болото — Ln(TER)= $\alpha \cdot T_s + \gamma$ (Болото)

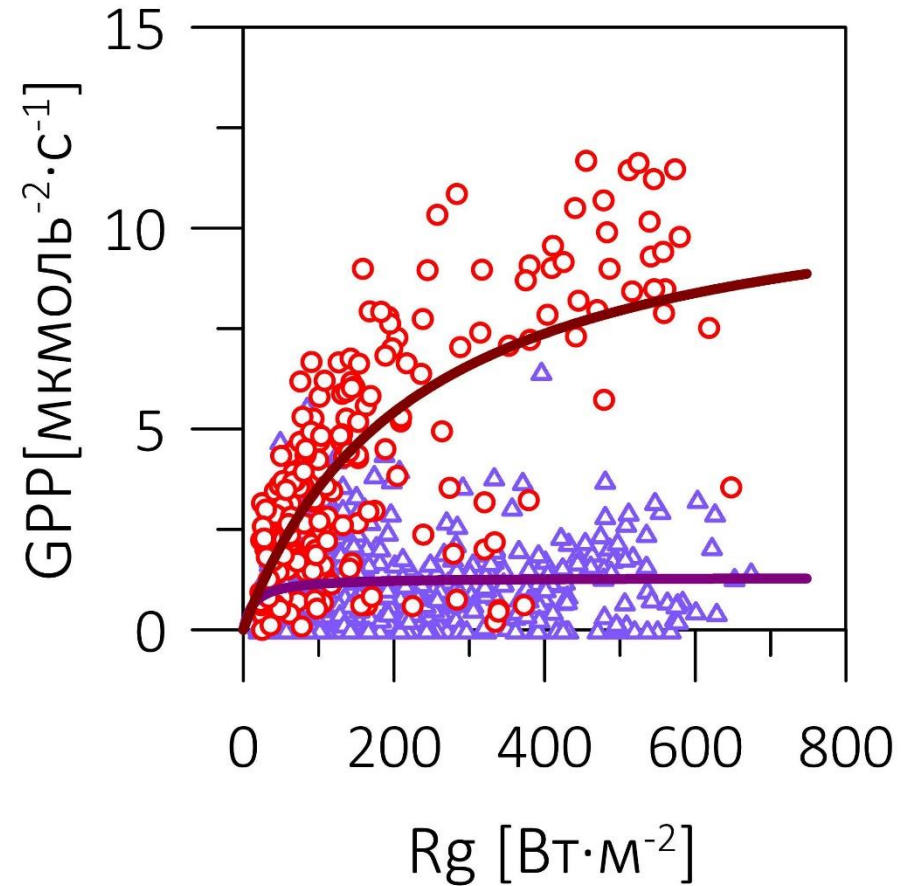
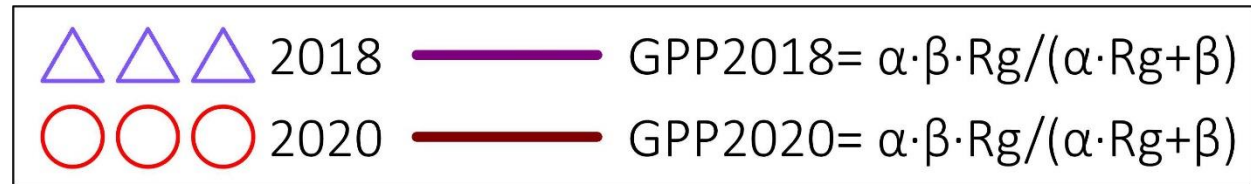


СВЕТОВЫЕ КРИВЫЕ



СВЕТОВЫЕ КРИВЫЕ (МАРТ)

Ельник

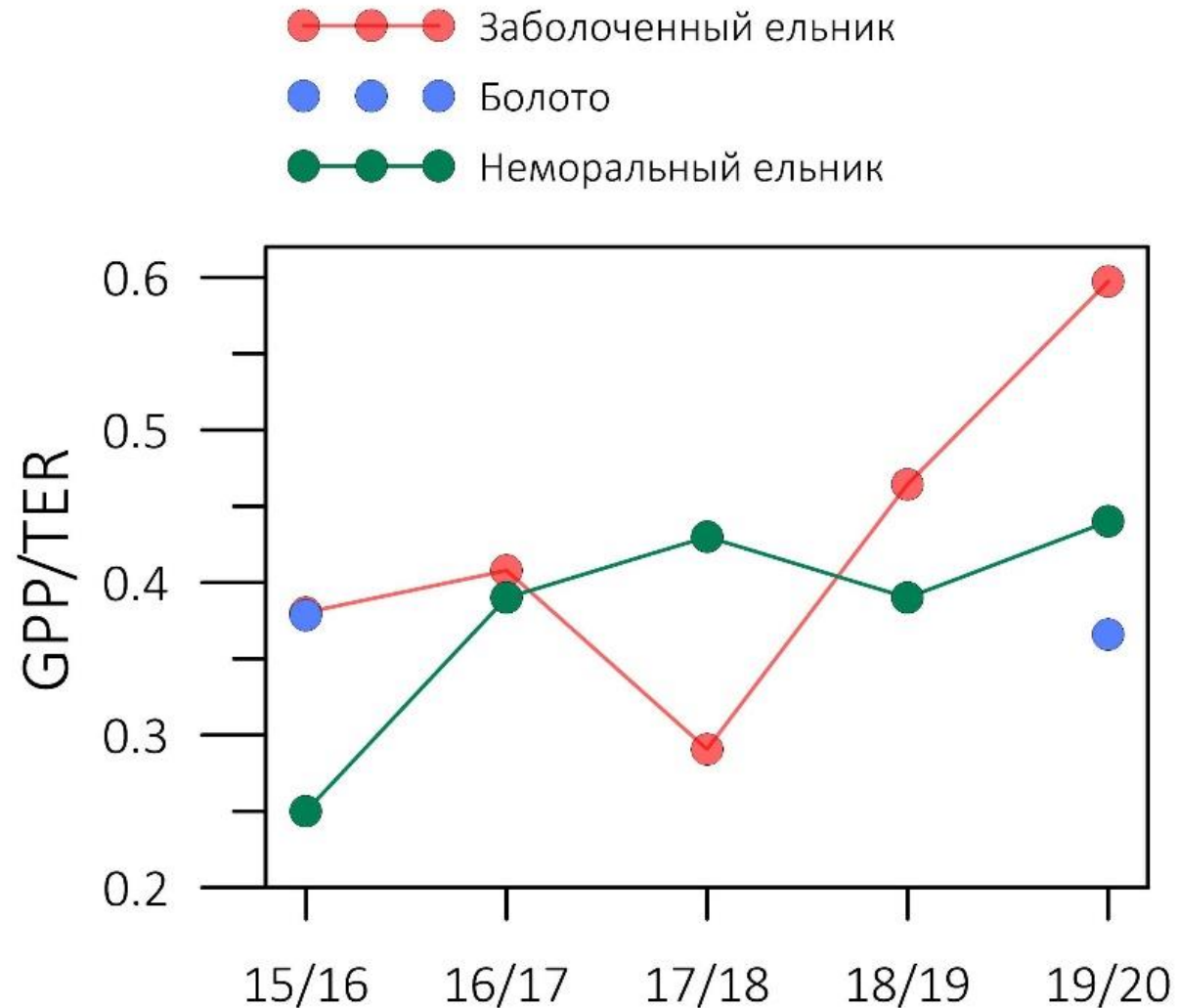


СРАВНЕНИЕ С НЕМОРАЛЬНЫМ ЕЛЬНИКОМ

Доля гетеротрофного дыхания в экосистемном дыхании зимой 2019/2020 гг

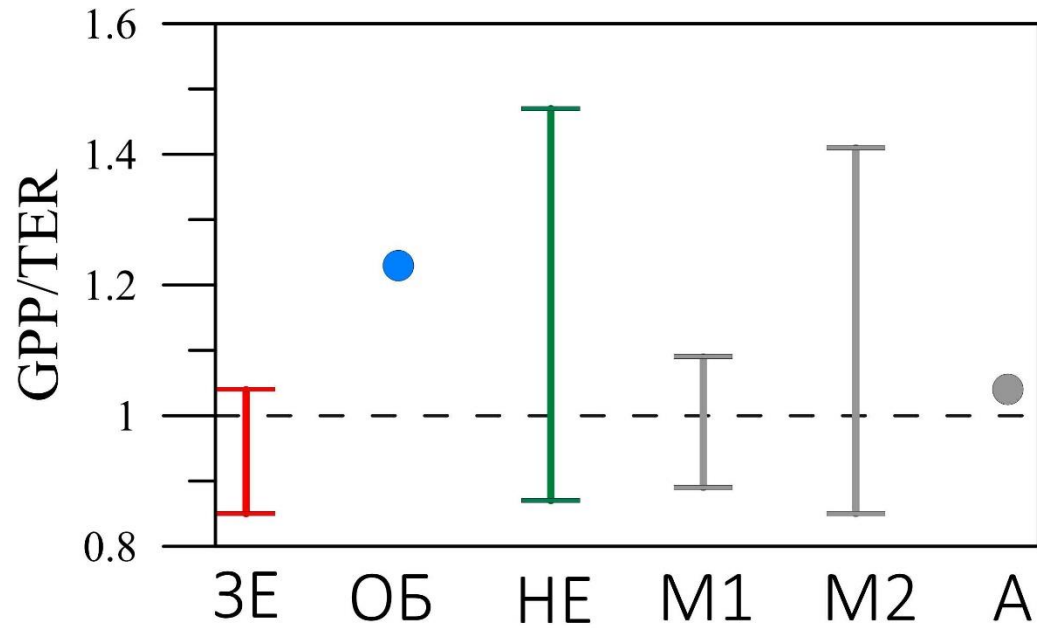
$$R_{\text{het}} = \text{TER} - 0.55\text{GPP}$$

Заболоченный ельник 67%
Болото 80%
Неморальный ельник 76%

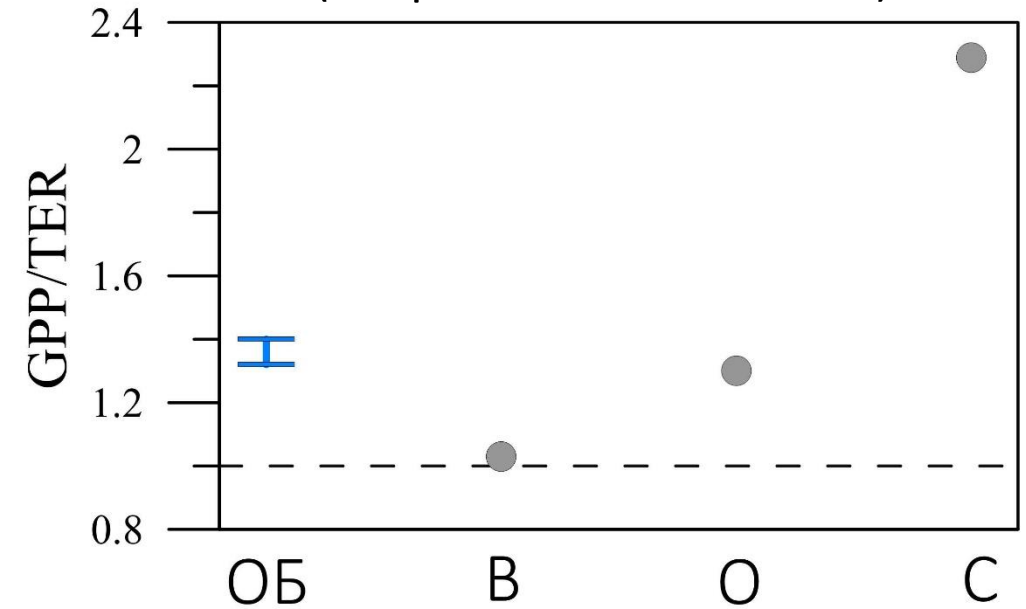


СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ

Средние годовые



Вегетационного периода
(Верховые болота)



ZE- заболоченный ельник

OB- болото

NE-неморальный ельник

M1-Заболоченный ельник (Манитоба, Канада; Dunn et al., 2007)

M1-Заболоченный ельник (Манитоба, Канада; Ueyama et al., 2014)

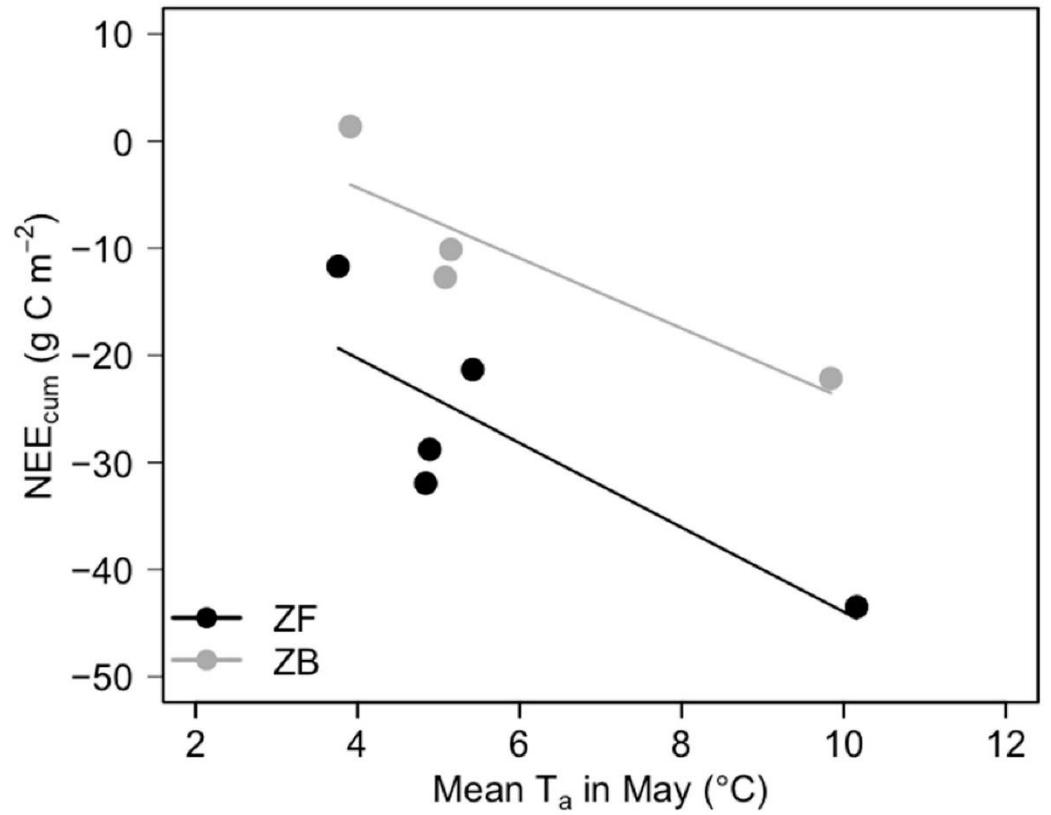
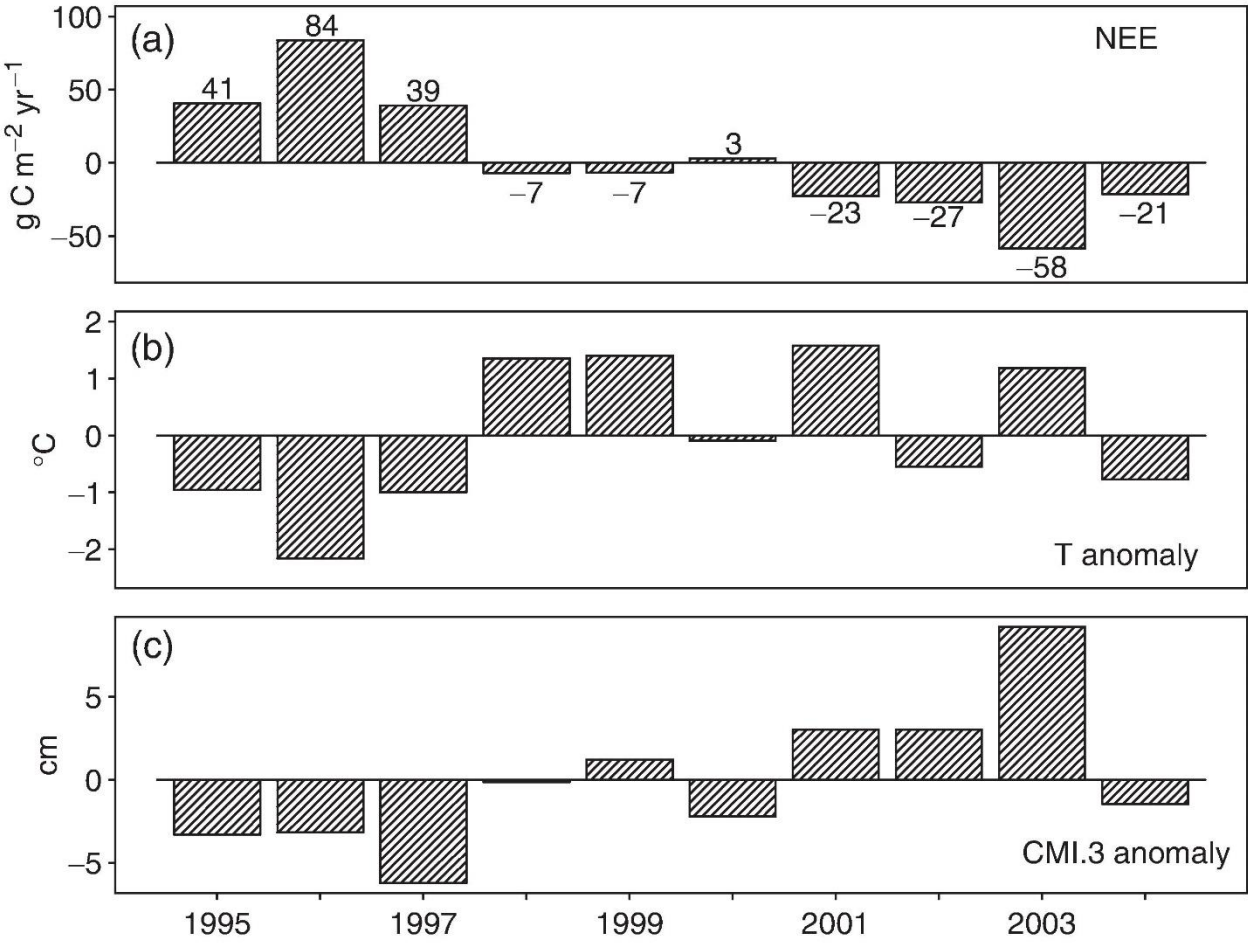
A – Заболоченный ельник (Аляска, США; Euskirchen et al., 2014)

B- Висконсин, США (Sulman et al., 2010)

O- Онтарио, Канада (Sulman et al., 2010)

C- Западная Сибирь (Alekseychik et al., 2017)

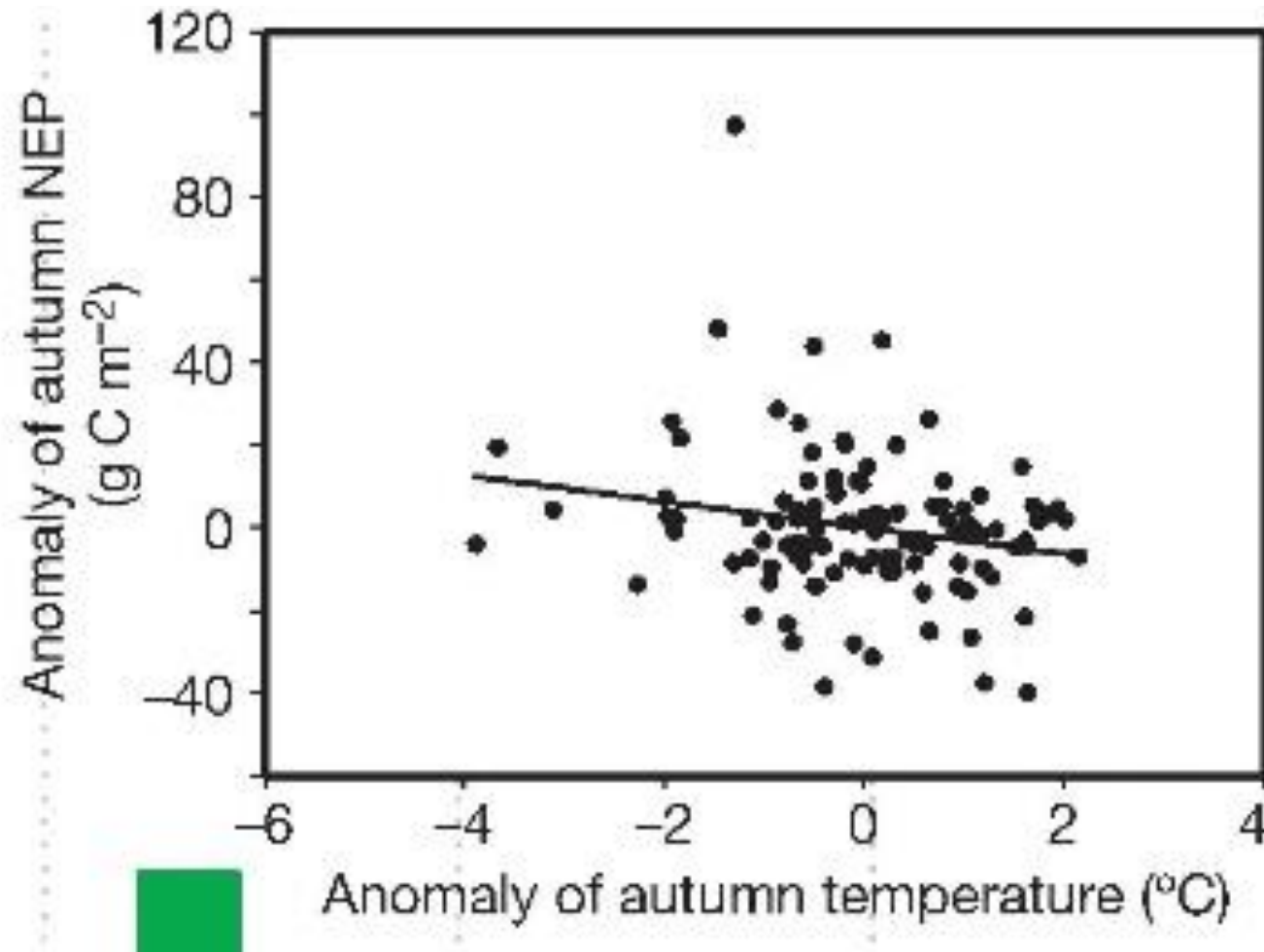
ОБСУЖДЕНИЕ



Заболоченный ельник (Ель чёрная, *Picea mariana*) Манитоба, Канада. Источник: Dunn et al., 2007

Сосняк (ZF) и болото (ZB), *Pinus sylvestris*, Красноярский край. Источник: Park et al., 2021

ОБСУЖДЕНИЕ



Данные 108 станций FLUXNET в Евразии и Северной Америке. Источник: Piao et al., 2008

ОБСУЖДЕНИЕ

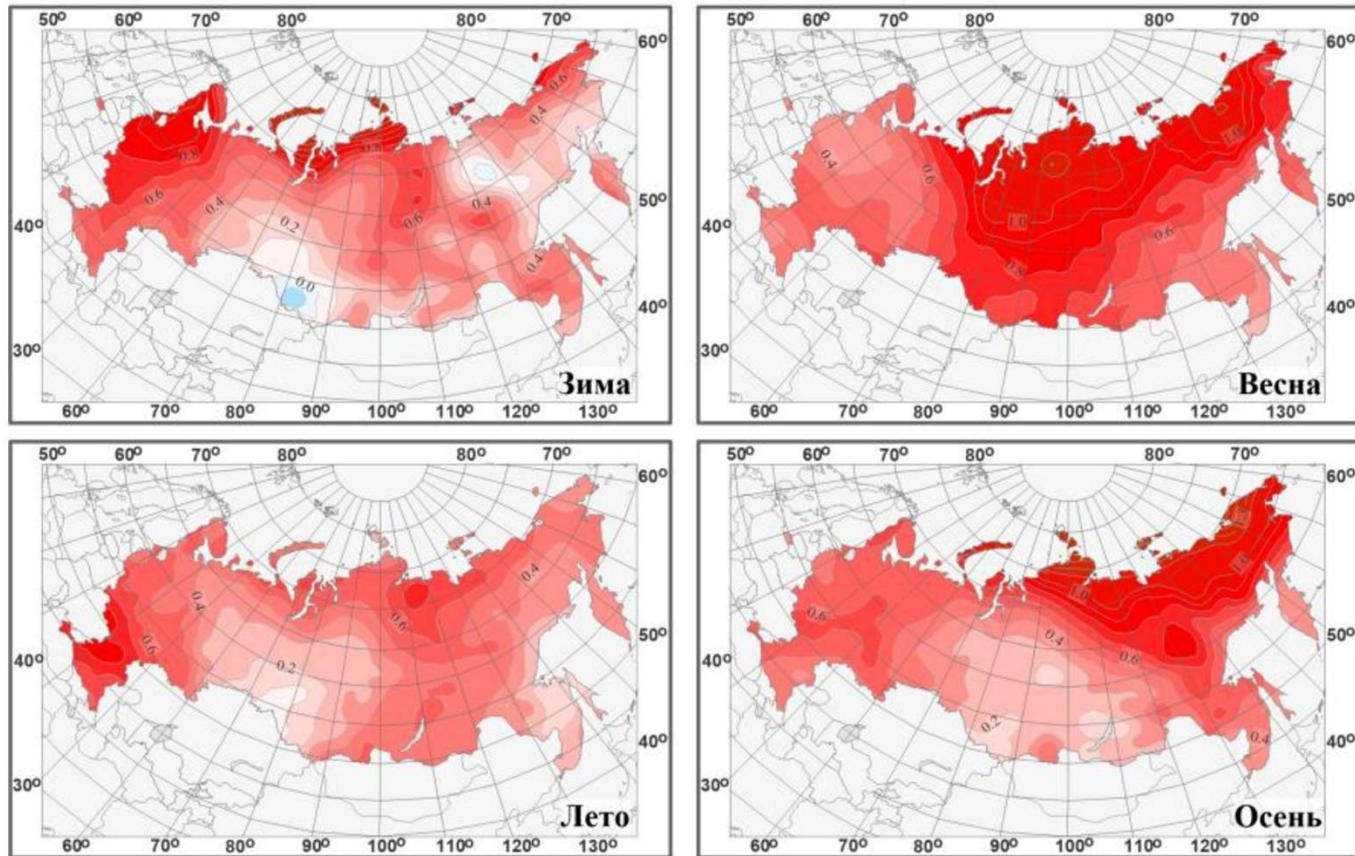
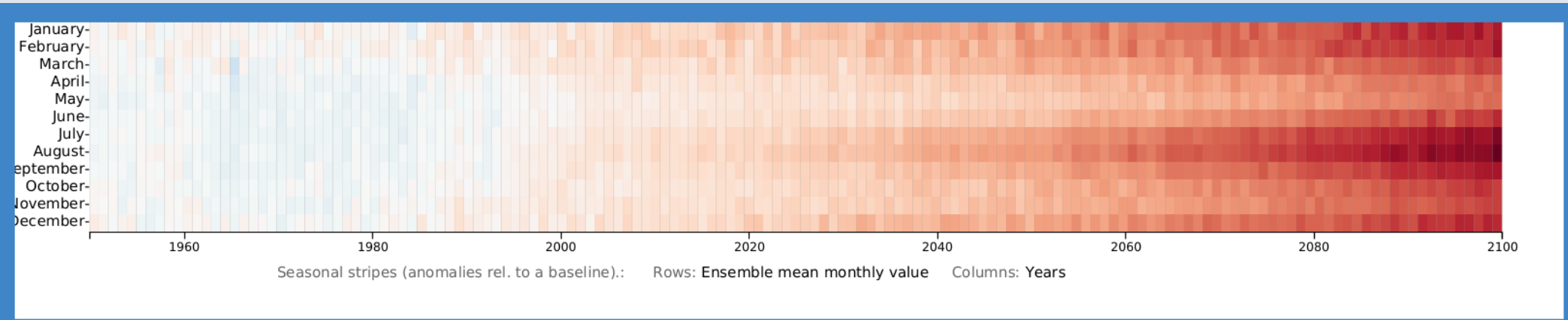


Рисунок 1.5 – Коэффициент линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2021 гг. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Вегетационный период по данным приземной температуры воздуха метеостанции «Торопец»
1981-2010: 30.04-10.10
1991-2020: 12.04-11.10

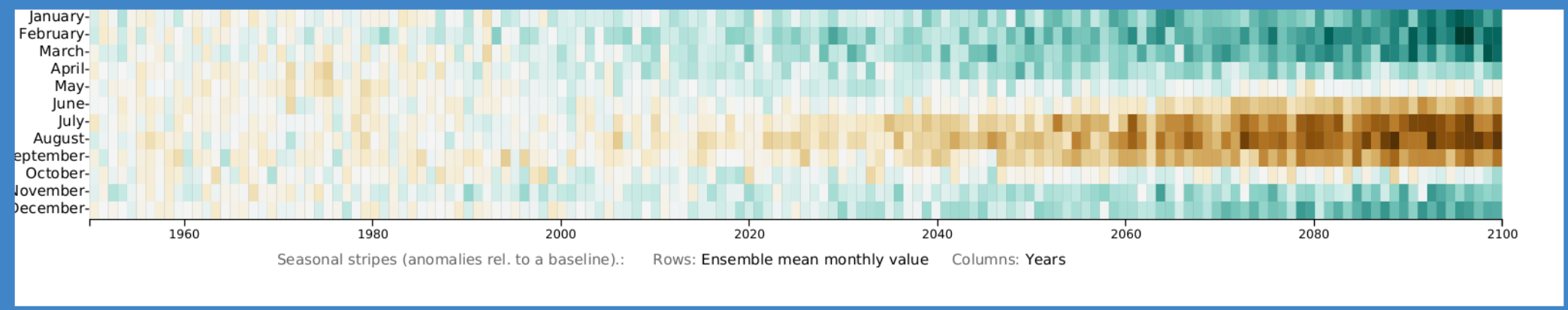
ОБСУЖДЕНИЕ



Mean temperature (T) - Change (deg C)
SSP5-8.5 (rel. to 1850-1900)
CMIP6 - Annual (34 models) - Land only-Western and Central Europe



ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

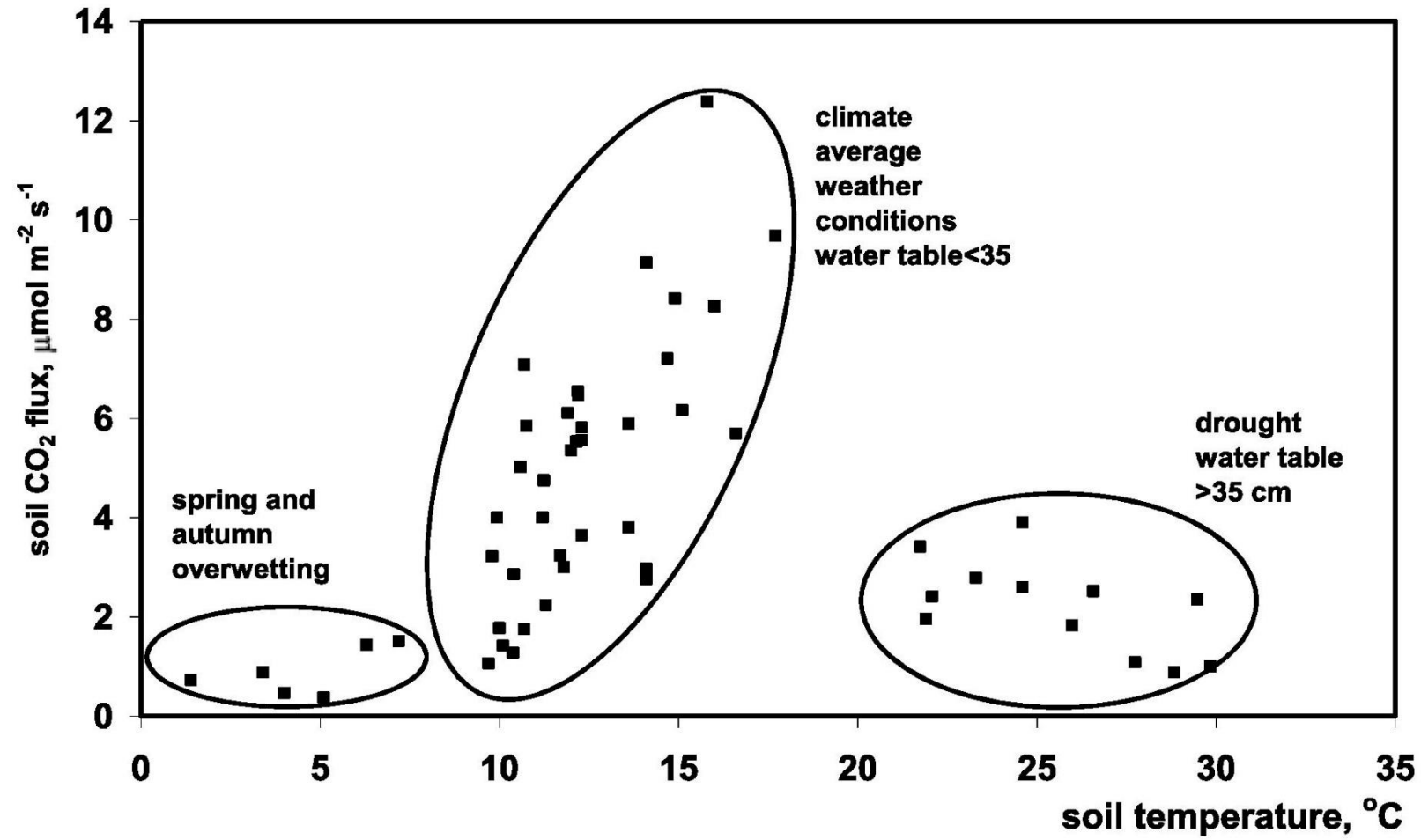


Total precipitation (PR) - Change (%)
SSP5-8.5 (rel. to 1850-1900)
CMIP6 - Annual (33 models) - Land only-Western and Central Europe



ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change

ОБСУЖДЕНИЕ



Источник: Kurbatova et al., 2013

ВЫВОДЫ (1-3)

- 1) Заболоченный ельник в условиях южной тайги Европейской территории России (ЮТ ЕТР) в отдельные годы является как источником, так и стоком CO_2 для атмосферы, а верховое болото стоком атмосферного CO_2 .
- 2) Для заболоченного ельника характерны большие в сравнении с верховым болотом годовые, сезонные и суточные суммы GPP и TER.
- 3) Положительная зимняя температурная аномалия способна привести к значительному увеличению GPP, TER и отношения GPP/TER у заболоченного ельника, не приводя при этом к достоверному увеличению этих показателей у верхового болота.

ВЫВОДЫ(4-6)

4) В условиях потепления климата, за счёт роста температуры воздуха зимних месяцев, заболоченный ельник способен стать стоком атмосферного CO_2 , однако в случае увеличения повторяемости волн жары и засух он может превратиться в устойчивый источник диоксида углерода для атмосферы.

5) Таким образом, в условиях прогнозируемых изменений климата (IPCC, 2021) можно ожидать усиление роли условий увлажнения как фактора, определяющего баланс парниковых газов южно-таёжных экосистем разной стадии заболачивания с атмосферой.

6) Долговременные прямые наблюдения за экосистемными потоками парниковых газов в лесных экосистемах являются полезным инструментом для изучения и прогноза функционирования лесов в условиях современных изменений климата.

БЛАГОДАРНОСТИ



Работа была выполнена при финансовой поддержке гранта Российского
Научного Фонда РНФ 21-14-00209.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ПУЛЬСАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ельник

Газоанализатор закрытого типа
LI-6262-3 (LI-COR Inc., США)

Акустический анемометр CSAT-3
Gill Solent R3 (Gill Instruments, UK)

Болото

Газоанализатор открытого типа
LI-7500A (LI-COR Inc., США)

Акустический анемометр CSAT-3
(Campbell sci. Inc., США)

