



**Институт физики атмосферы
им. А.М. Обухова РАН**

**Голубятников Л.Л., Завалишин Н.Н., Александров Г.Г.,
Белова И.Н., Александров Г.А.**

**МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ СОВРЕМЕННЫХ ПУЛОВ И ПОТОКОВ
УГЛЕРОДА В ТУНДРОВОЙ И ЛЕСОТУНДРОВОЙ ЗОНАХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.
ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПО ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ
НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РФ**



**Конференция
«УГЛЕРОД В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ: МОНИТОРИНГ».
РЕАЛИЗАЦИЯ ВИП ГЗ «ЕДИНАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА
КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ - 2023»**

ЦЭПЛ РАН, 13–15 февраля 2024 г.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2023 г.

Направление 1.

- ❖ Анализ и обобщение имеющейся информации по оценке эмиссии метана из экосистем России.
- ❖ Выявление районов на территории России, экосистемы которых следует включить в систему мониторинга эмиссии метана.

Направление 4.

- ❖ Модернизация разработанной двух-компарментальной динамической модели углеродного цикла в тундровых и лесотундровых экосистемах до трех-компарментальной. Уточнение функциональных зависимостей потоков углерода в модели от факторов окружающей среды.
- ❖ Выполнение расчетов запасов углерода и интенсивностей потоков углеродного газообмена для исследуемых экосистем России.
- ❖ Формирование на основе модельных расчетов базы данных запасов и интенсивностей потоков углерода в тундровых и лесотундровых экосистемах России.

МОНИТОРИНГ КОНЦЕНТРАЦИИ / ПОТОКОВ МЕТАНА



★ – станции Росгидромета, | – сеть мониторинга JR-STATION,
| – обсерватория ZOTTO, ◆ – сеть мониторинга SakhaFluxNet,

Ключевые участки измерений потоков метана: ● – шведско-российской тундровой экологической экспедиции 1994, ● – на территории Европейской России, ■ – на Васюганском болоте, ● – группы М.В.Глаголева 2007–2010, ▲ – ИФА РАН 2012–2023, ● – на территории Западной Сибири, ■ – на территории Восточной Сибири и дальнего Востока, ■ – на острове Самойловский (дельта Лены). Пункты наблюдений: пос. Амбарчик, мыс Баранова

Интенсивность потоков метана между наземными экосистемами и атмосферой имеет высокую изменчивость как по пространству, так и по времени.

Среди заболоченных микроландшафтов основным источником поступления метана в атмосферу являются избыточно увлажненные мочажины, в которых водная поверхность находится на уровне мха, и осоково–сфагновые топи, некоторые участки которых покрыты водой.

Озёра и внутриболотные озёрки являются существенными источниками атмосферного метана.

По возрастанию интенсивности эмиссии метана типы болот можно расположить в следующем порядке: олиготрофные – мезотрофные – евтрофные.

Осушенные торфяники являются источником эмиссии метана в атмосферу. Эмиссия метана из осушенных торфяников идет как с участков торфяной залежи, так и из дренажной сети, каналы которой являются интенсивными источниками атмосферного метана.

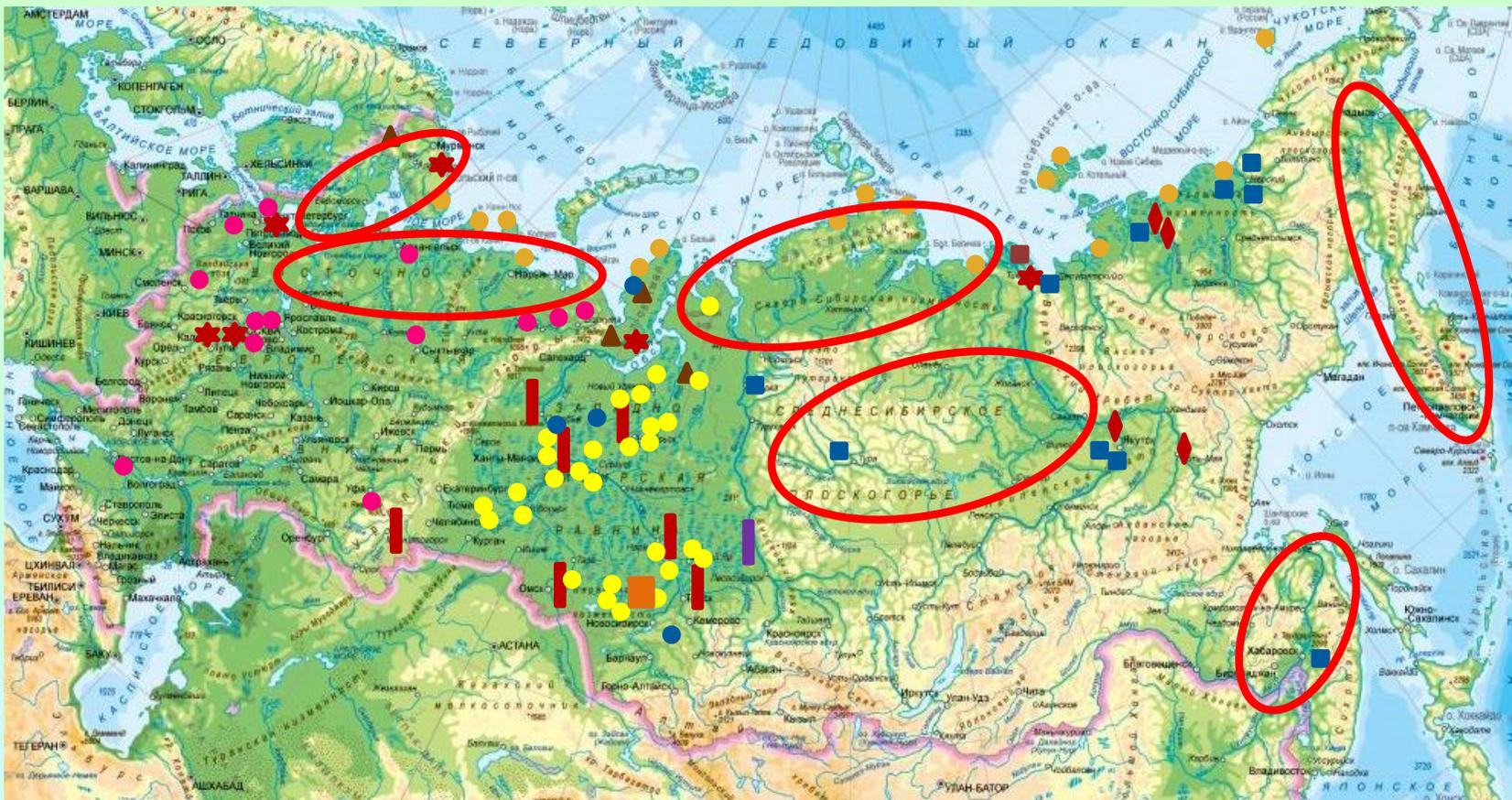
Оценки метанового баланса для Западно–Сибирской равнины:

1.6 – 20 МтСН₄/год (Наумов, 2003; Бажин, 2002)

3.2 – 3.9 МтСН₄/год (Глаголев и др., 2010, 2012)

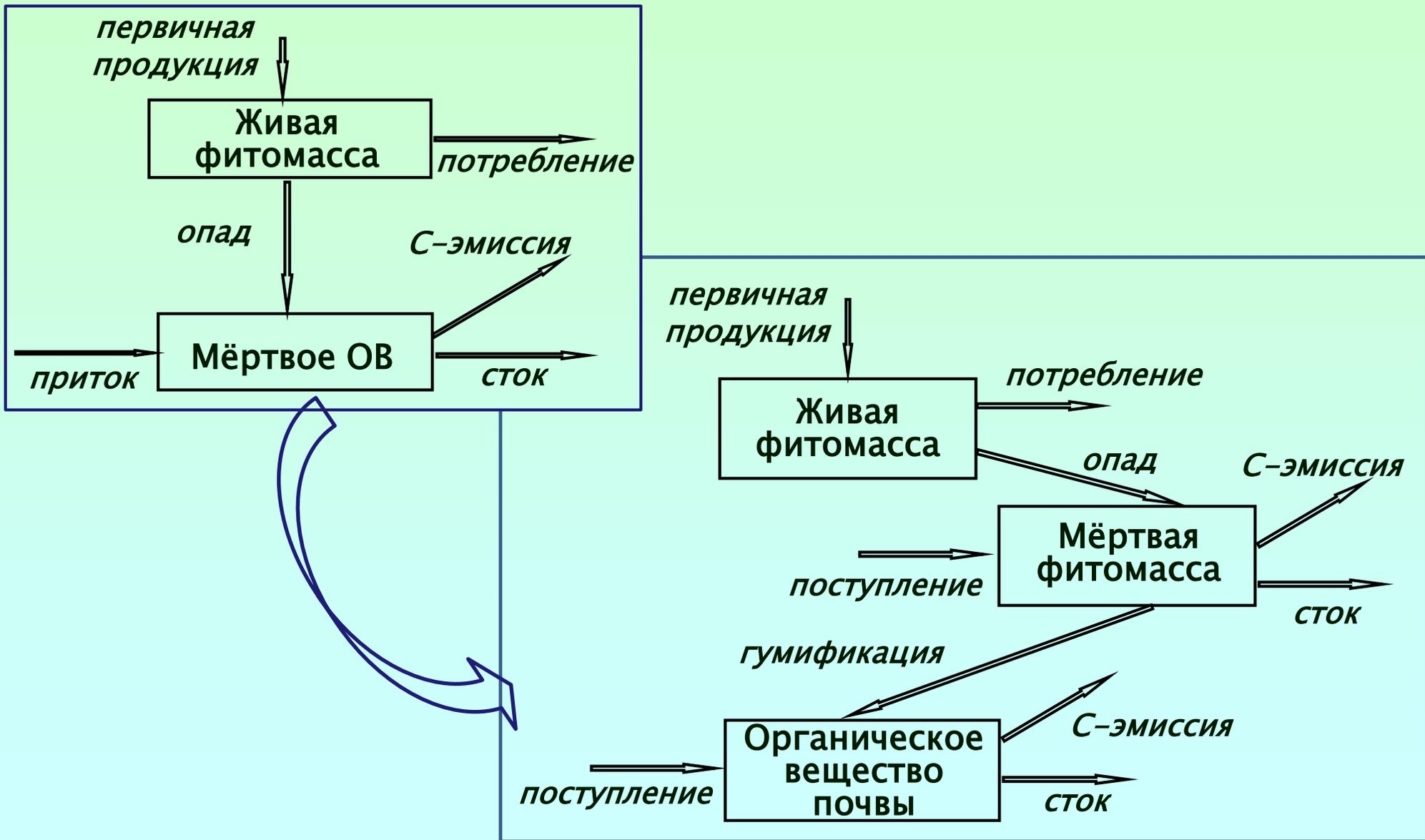
5 – 28 МтСН₄ за 2010 г. (1–5% глобальной эмиссии СН₄) (Berchet et al., 2015)

МОНИТОРИНГ ПОТОКОВ МЕТАНА

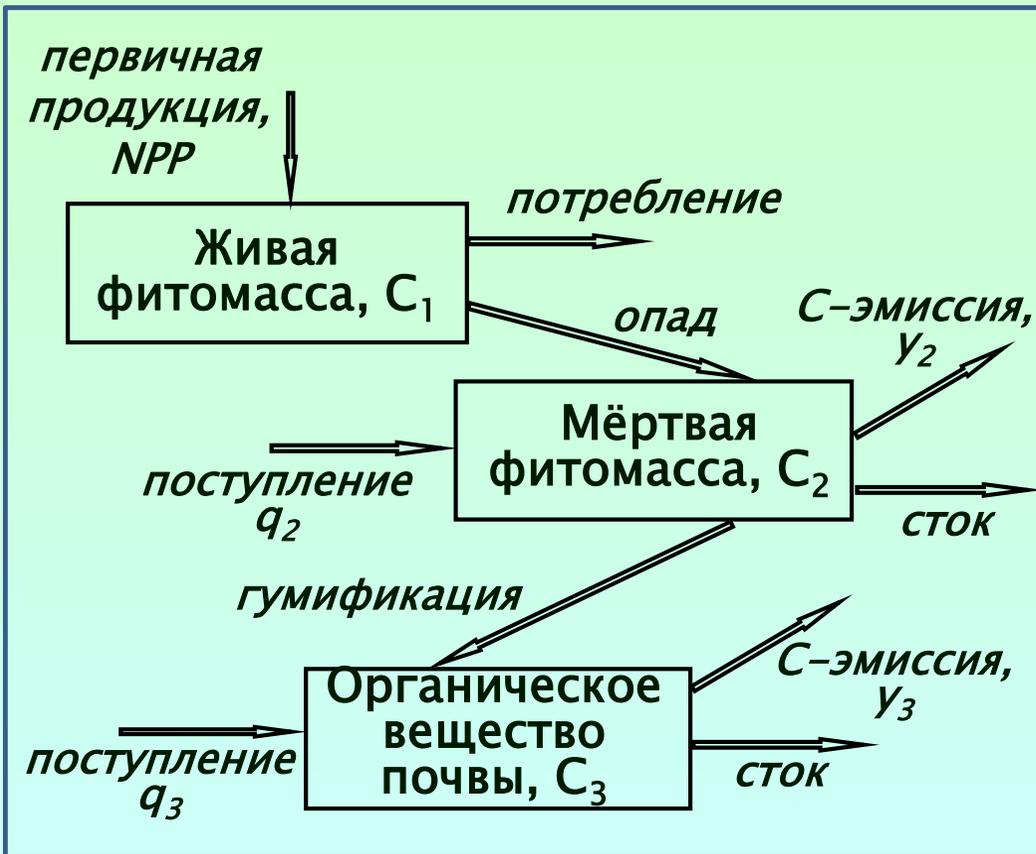


Измерения потоков метана между наземными экосистемами и атмосферой на регулярной основе проводятся в теплый период года на болотном стационаре Института биологии Коми НЦ УрО РАН, на болотно-таёжном стационаре Мухрино Югорского университета, на экспериментальных научных станциях сети SakhaFluxNet Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, на мониторинговых участках ряда научных институтов СО РАН на Васюганском болоте.

МОДЕЛЬ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА В ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ



МОДЕЛЬ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА В ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ



$$\begin{cases} \frac{dC_1}{dt} = NPP - (m_1 + \alpha_{12})C_1 \\ \frac{dC_2}{dt} = q_2 + \alpha_{12}C_1 - (m_2 + \alpha_{23})C_2 - y_2 \\ \frac{dC_3}{dt} = q_3 - m_3C_3 + \alpha_{23}C_2 - y_3 \end{cases}$$

$$NPP = C_1 \frac{p_0}{1 + p_1 C_1} \psi_1(C_a, T_a, H) \psi_2(Q)$$

$$y_i = C_i \varphi_i(T_a, H), \quad i=2,3$$

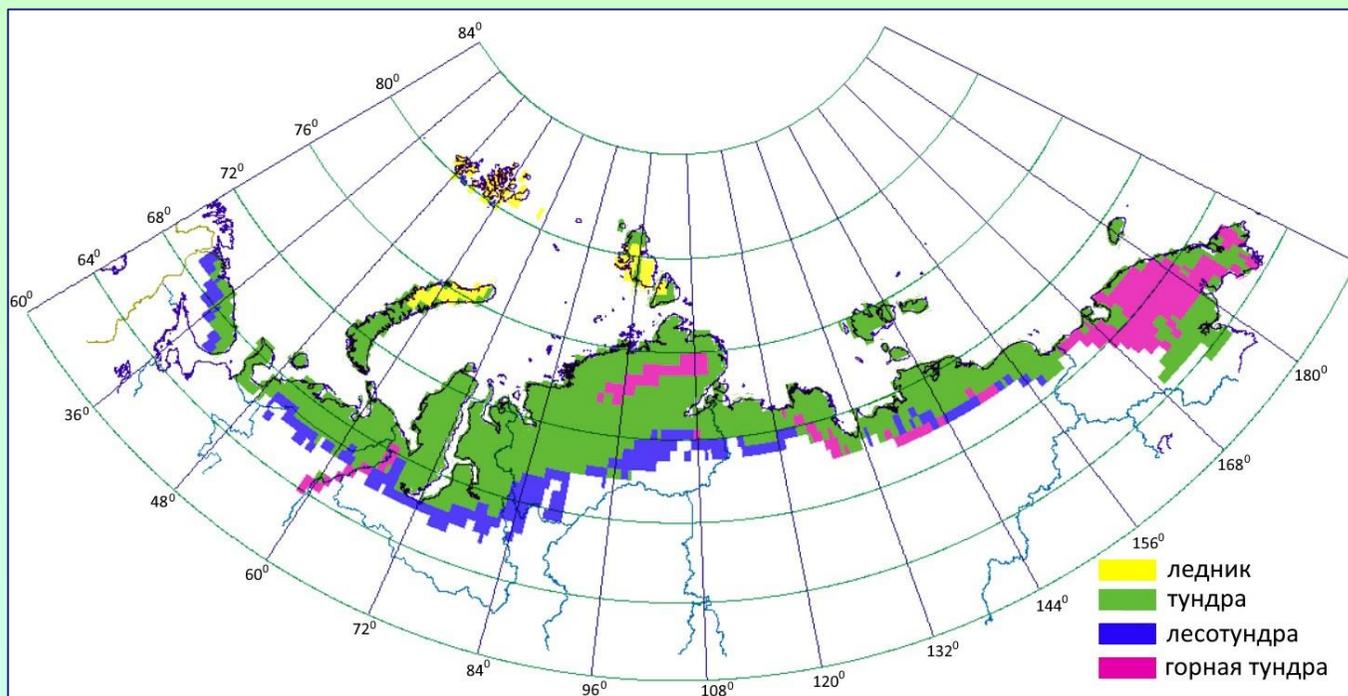
T_a - среднегодовая температура воздуха,
 C_a - концентрация CO_2 в атмосфере,
 H - годовая сумма осадков,
 Q - годовая суммарная ФАР

$$\psi_1(C_a, T_a, H) = \frac{k_T (T_a - T_{min})(T_{max} - T_a)}{(T_{max} - T_{min})^2} C_a k_H (1 - \exp(-\beta_H H))$$

$$\psi_2(Q) = 1 - \exp(-\beta Q)$$

$$\varphi_i(T_a, H) = \frac{k_i^D \exp(k_i^a T_a)}{H}, \quad i = 2, 3$$

ТУНДРОВАЯ И ЛЕСОТУНДРОВАЯ ЗОНЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



Тундровые и лесотундровые экосистемы России: 30°E – 170°W, 63°N – 81.5°N.

Площадь 2.7 млн.км² : тундра – 1.9 млн.км² лесотундра – 0.4 млн.км²
горная тундра – 0.3 млн.км² ледники – 0.1 млн.км²

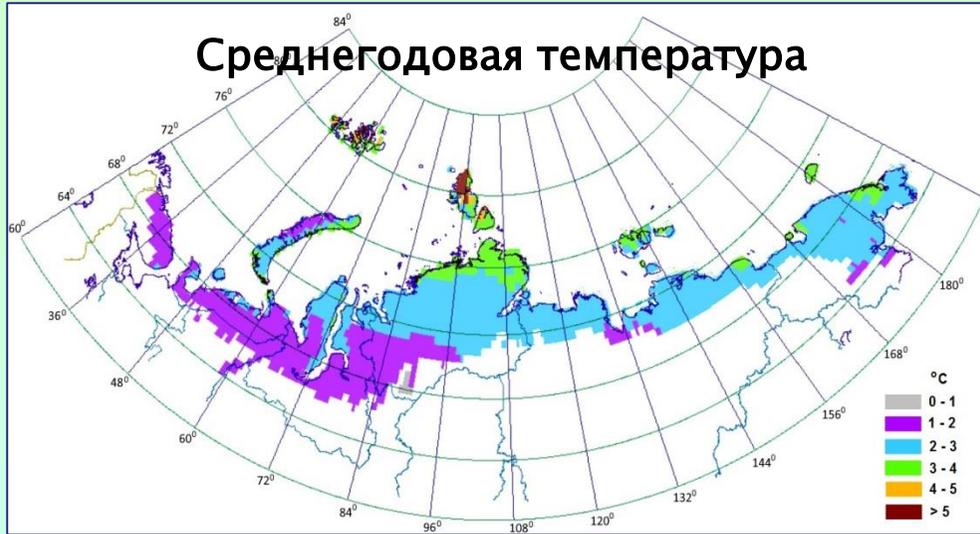
Каждой ячейке пространственной сетки 0.5° x 0.5° приписан тип тундровой или лесотундровой экосистемы согласно карте растительности (Базилевич, 1993).

Модельный шаг – 1 год.

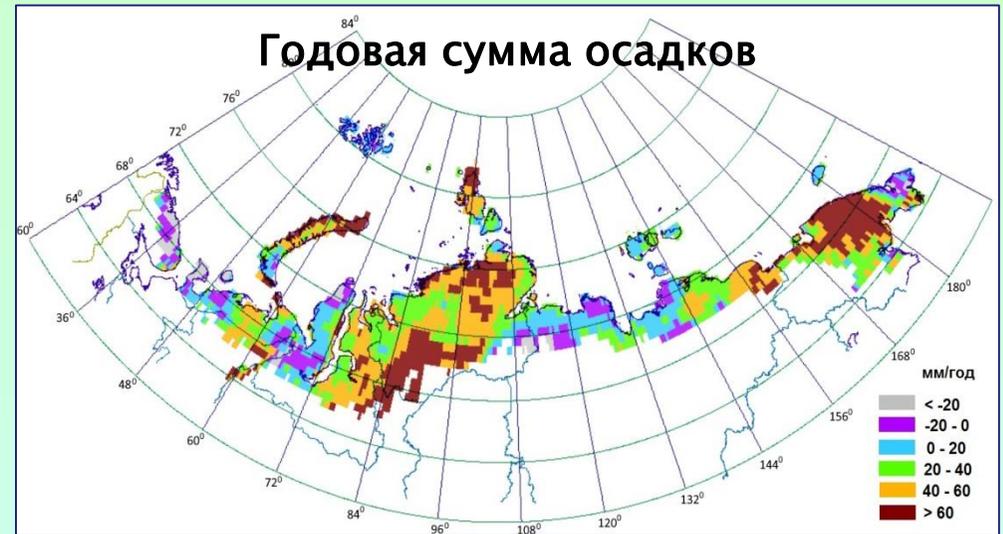
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ 1980 – 2020 гг.

Данные реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов ERA5

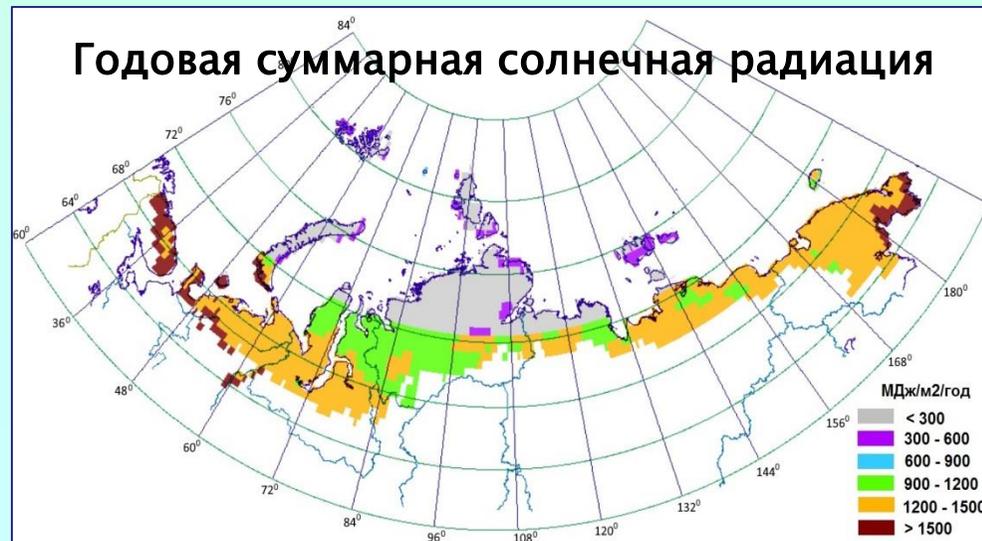
Среднегодовая температура



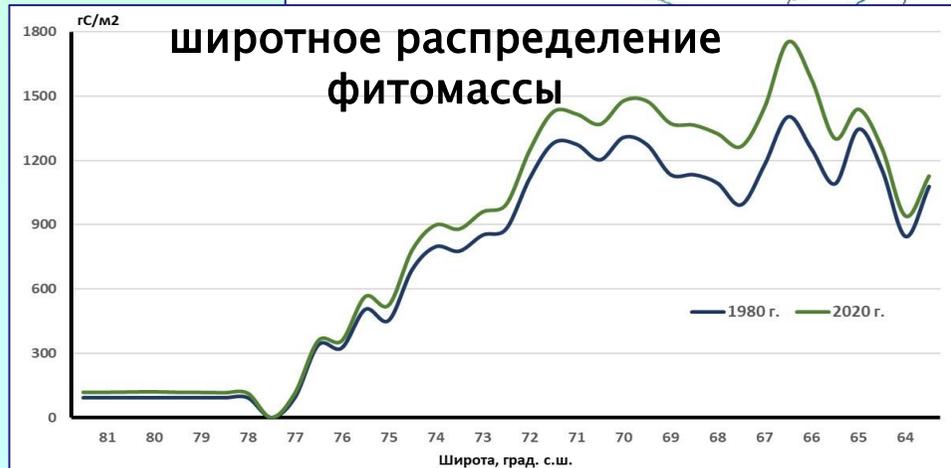
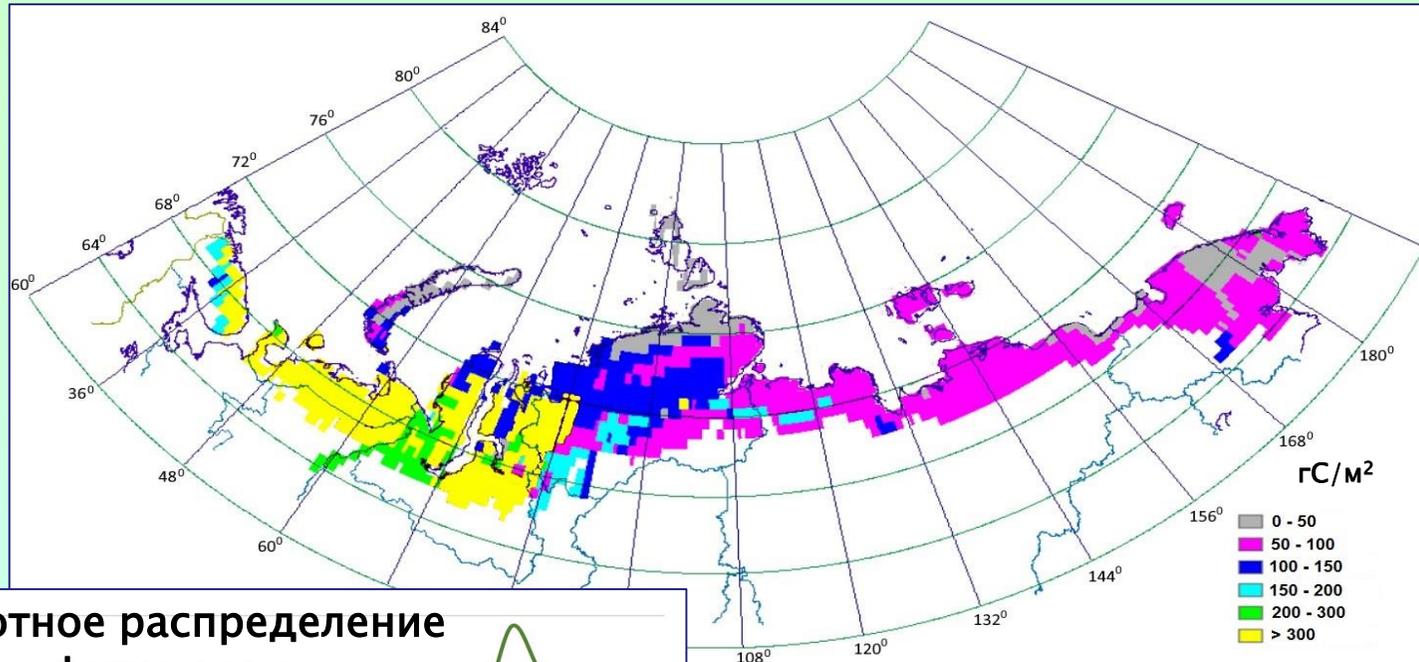
Годовая сумма осадков



Годовая суммарная солнечная радиация

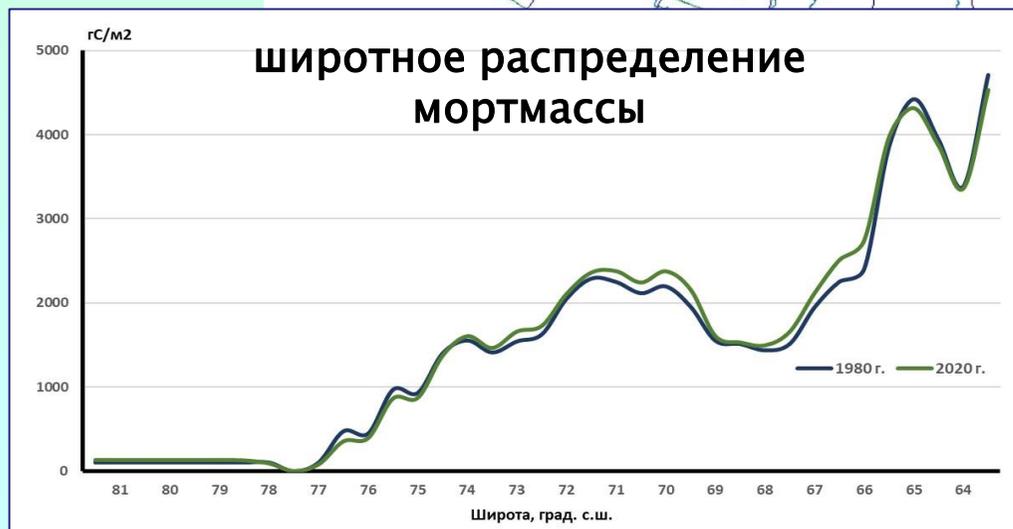
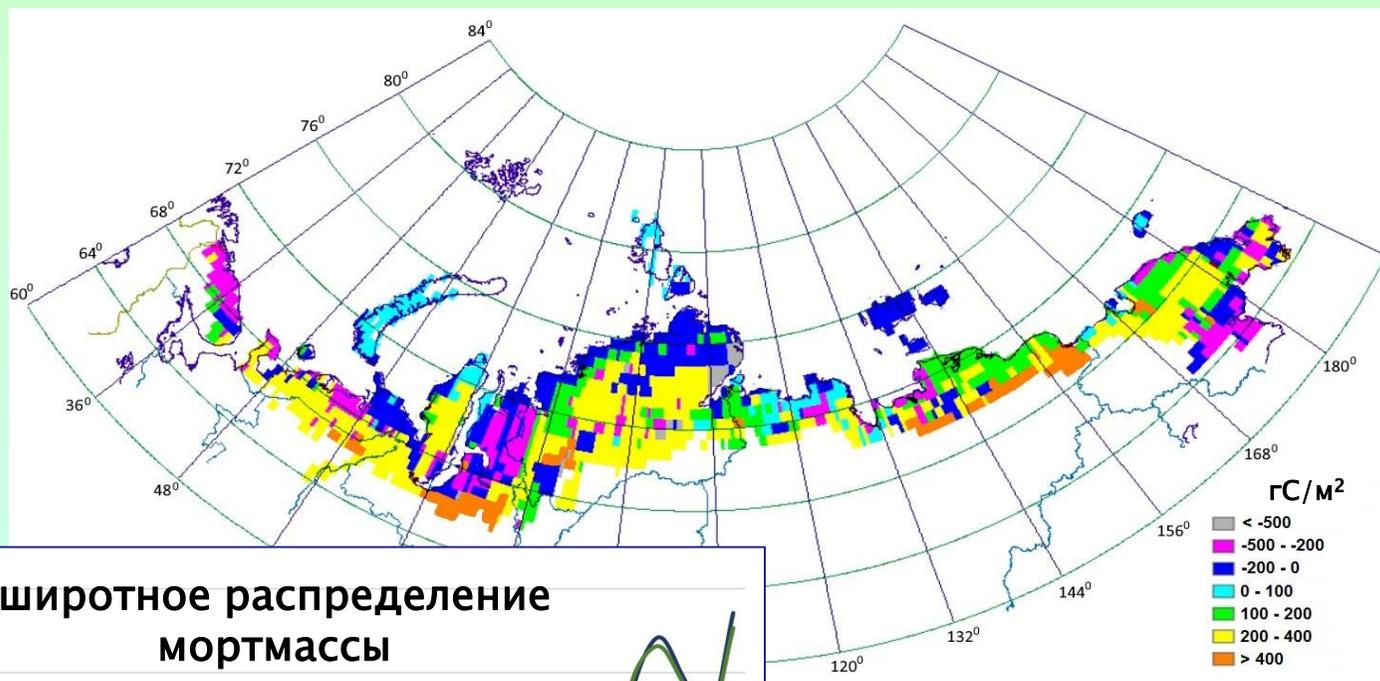


ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОМАССЫ ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 1980 – 2020



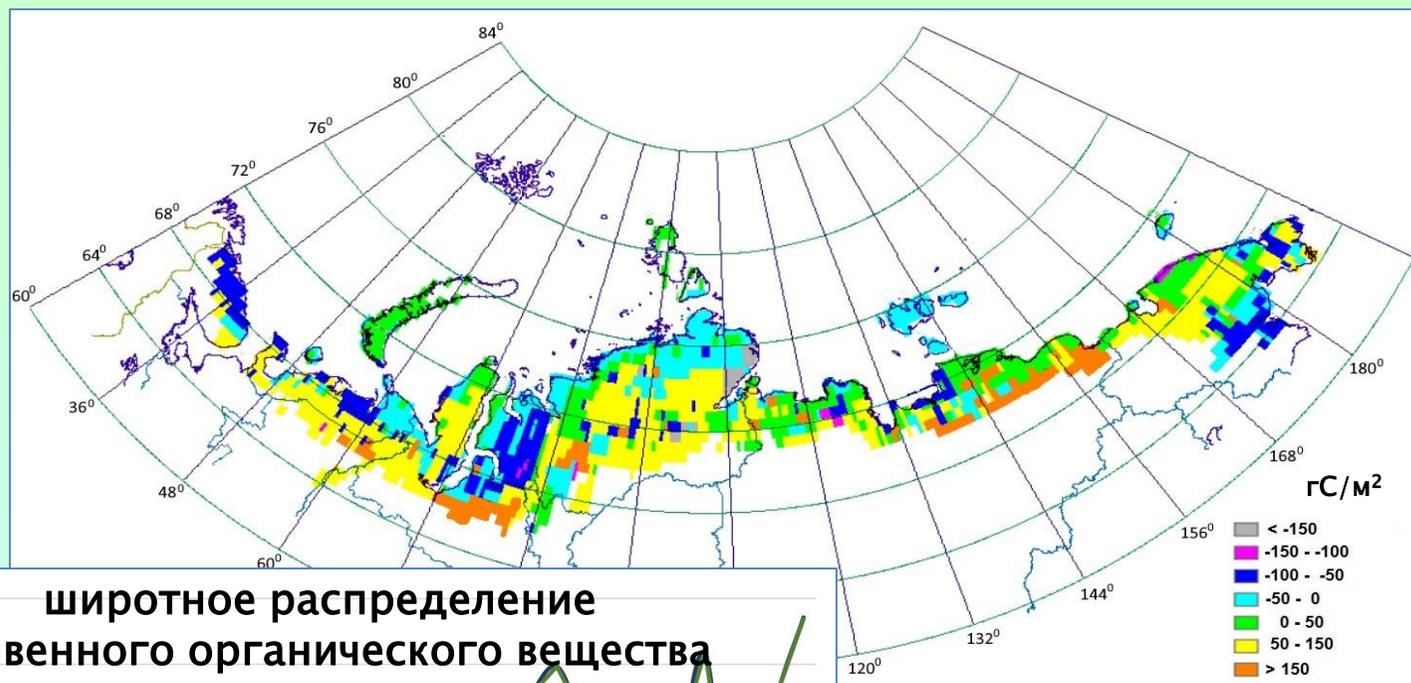
Увеличение запаса углерода
в фитомассе 0.5 ГтС

ИЗМЕНЕНИЕ МОРТМАССЫ ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 1980 – 2020



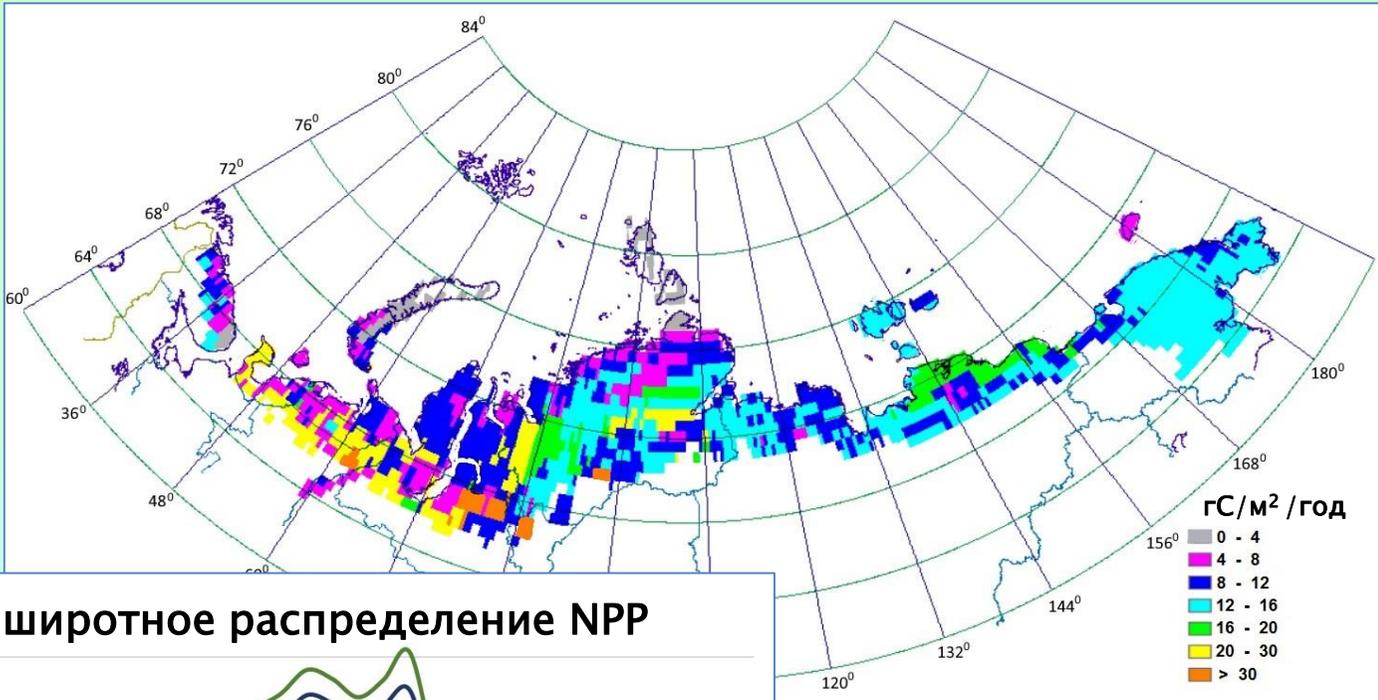
Увеличение запаса углерода
в мортмассе 0.3 ГтС

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 1980 – 2020



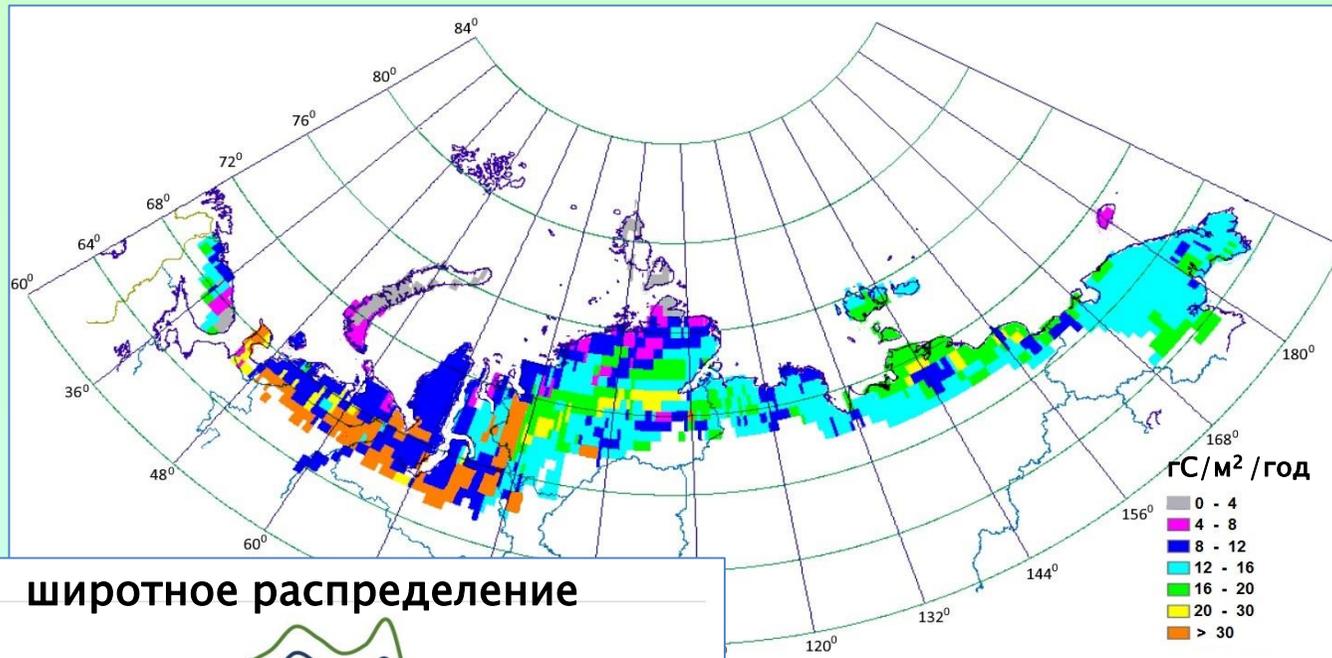
Увеличение запаса углерода
в органическом веществе
почвы 0.1 ГтС

ИЗМЕНЕНИЕ NPP ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 1980 – 2020



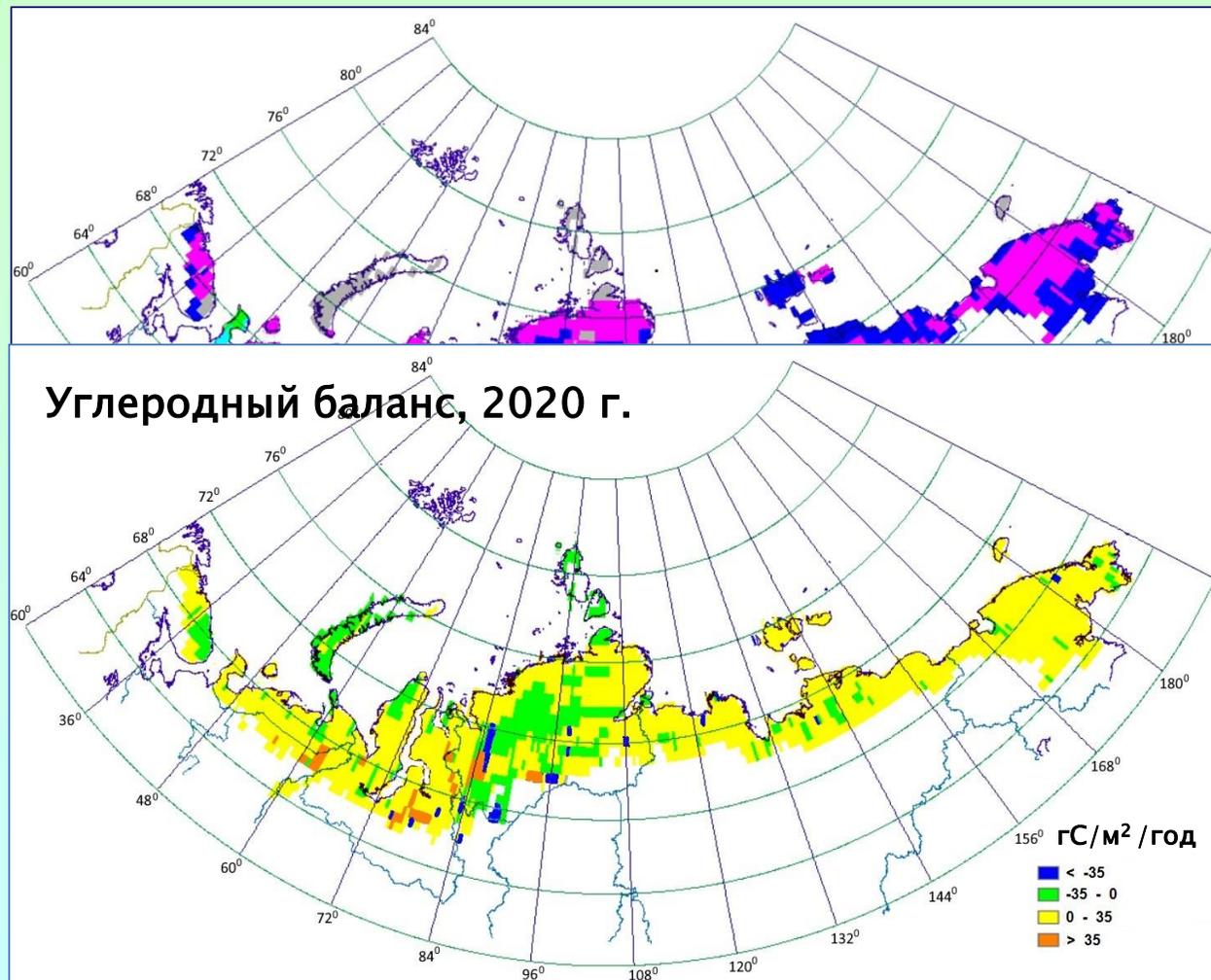
Увеличение первичной продуктивности на 9%

ИЗМЕНЕНИЕ С-ЭМИССИИ ИЗ ПОЧВ ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 1980 - 2020



С-эmissions из почв увеличилась на 12%

ИЗМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ 1980 – 2020



В тундровых и лесотундровых экосистемах России за исследуемый период круговорот биогенного углерода без учета антропогенного влияния не претерпел кардинальных изменений, хотя и отражает происходящие климатические изменения.

В 2023 году со ссылкой на ВИП ГЗ опубликованы 10 статей:

- 1 статья в журнале WoS и РИНЦ,**
- 2 статьи в журнале РИНЦ,**
- 7 статей в сборниках материалов конференций РИНЦ.**

Результаты исследований представлены на научных конференциях (9 секционных докладов):

- Международной конференции «Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования» (Москва);**
- Международном симпозиуме «Болота северной Евразии: биосферные функции, разнообразие и управление» (Петрозаводск);**
- Всероссийской (с международным участием) конференции "Мерзлотные почвы в Антропоцене" (Салехард);**
- XI Всероссийской конференции "Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем" (Новороссийск);**
- Всероссийской конференции с международным участием «XV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато–экологическому мониторингу» (Томск).**

Зарегистрирована база данных модельных оценок современных запасов углерода в тундровых и лесотундровых экосистемах Российской Федерации, (свидетельство о гос. регистрации № 2023624065).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

