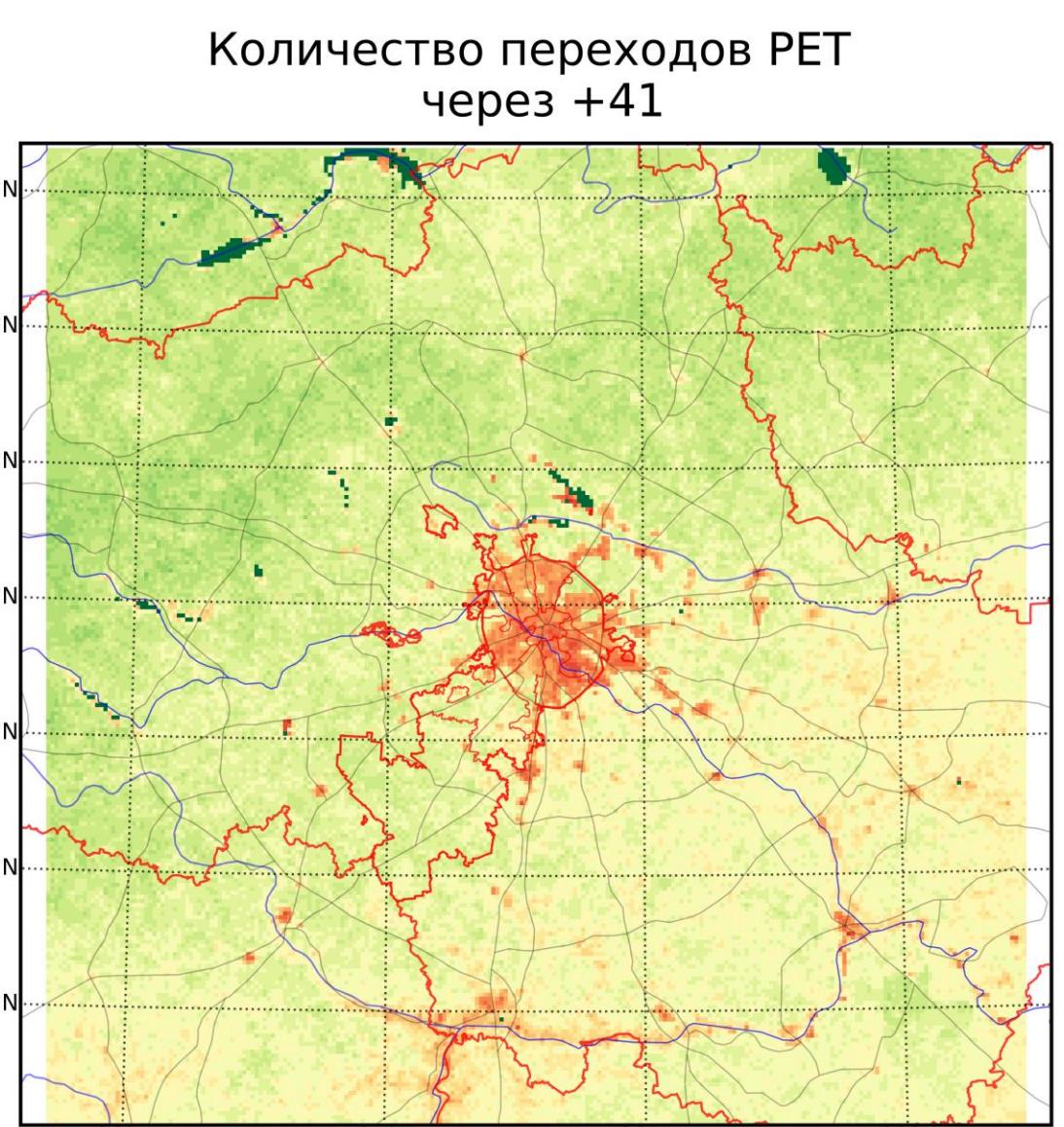


Сравнение зеленых и белых крыш как методов адаптации к экстремальной жаре на примере Москвы

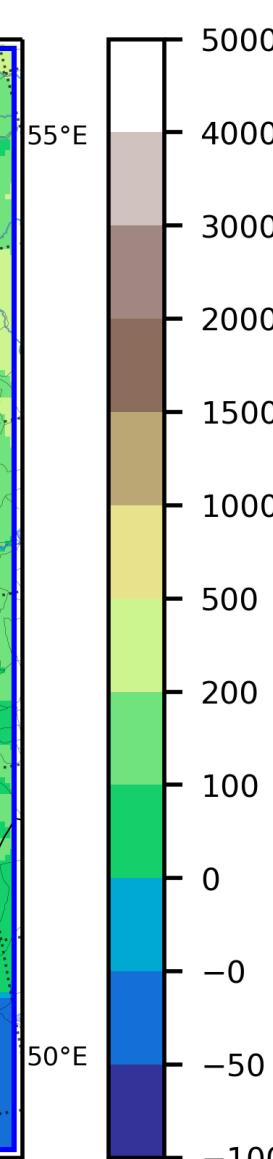
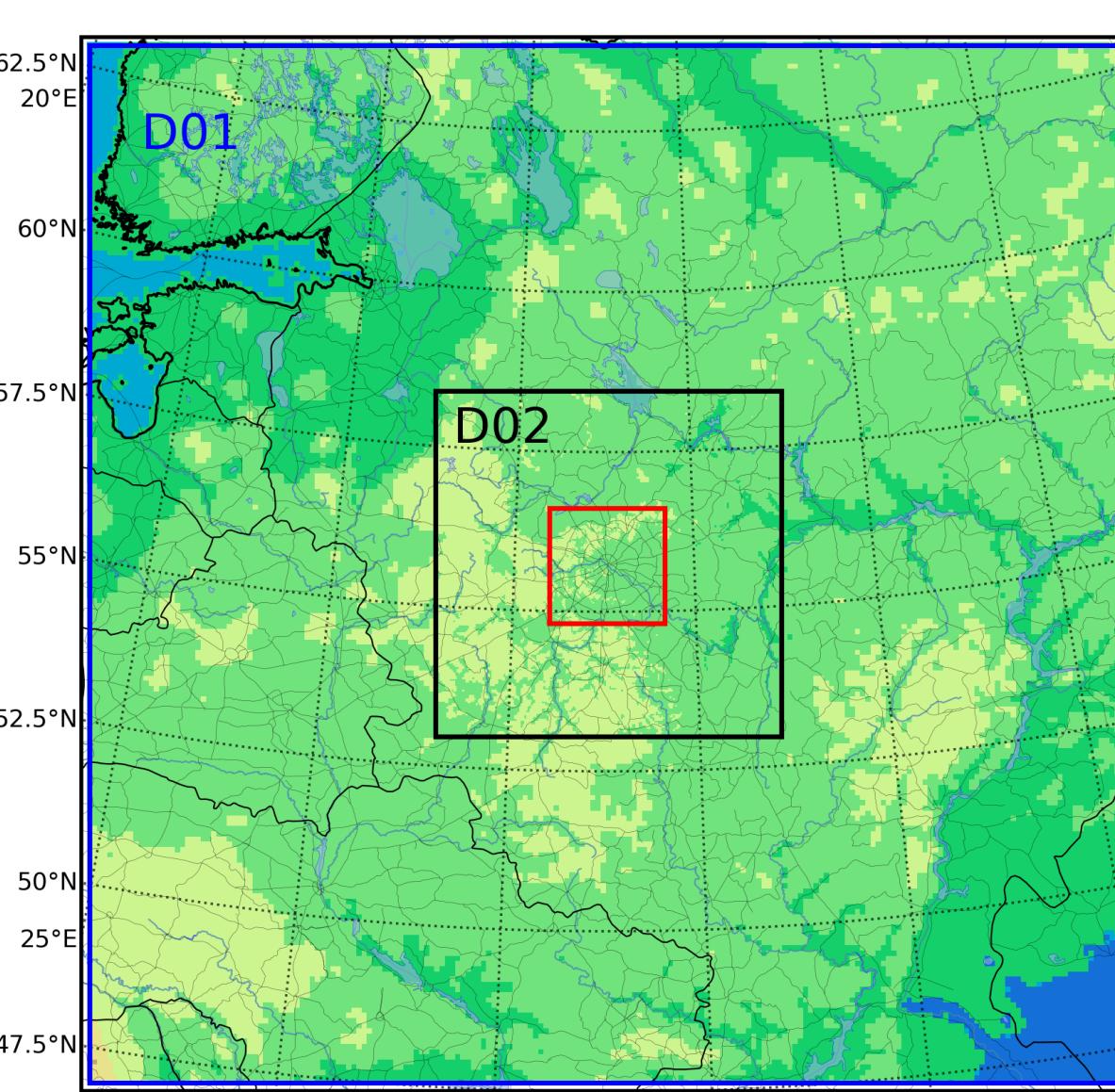
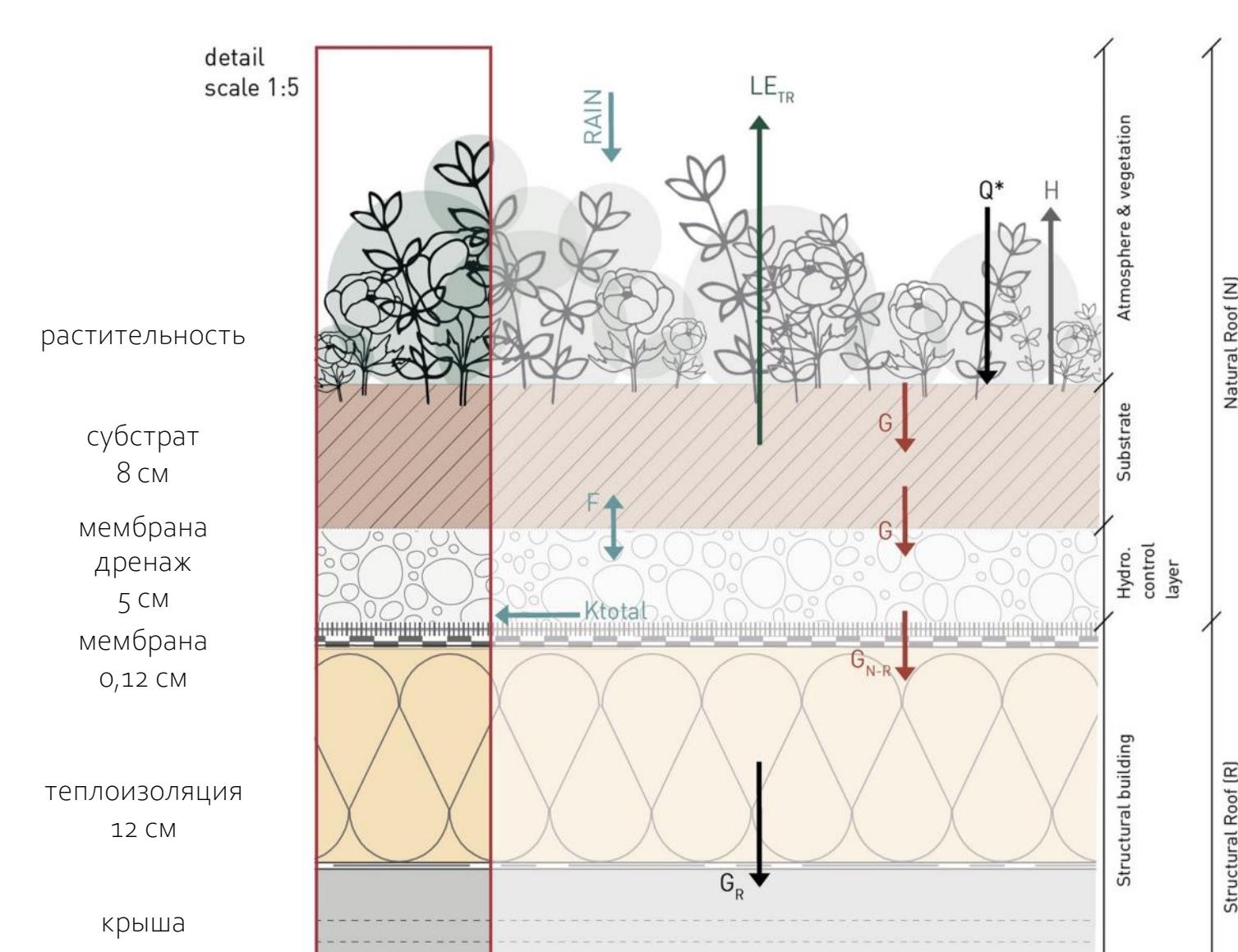
Коспанов А.А., Константинов П.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия



Актуальность

- В 2021 и 2022 году в Москве наблюдались волны жары. Установлен рекорд температуры воздуха в июне
- В 2010 году от волн жары в Москве погибло 11000 человек, экономический ущерб оценивается в 15 млрд \$
- В последние годы все более популярны зеленые крыши
- Необходима проверка эффективности и экономической выгоды от разных методов адаптации к экстремальной жаре



2 периода моделирования:

- 1) 10 июня 2021 – 20 июля 2021
- 2) 1 августа 2022 – 31 августа 2022

3 вложенные сетки:

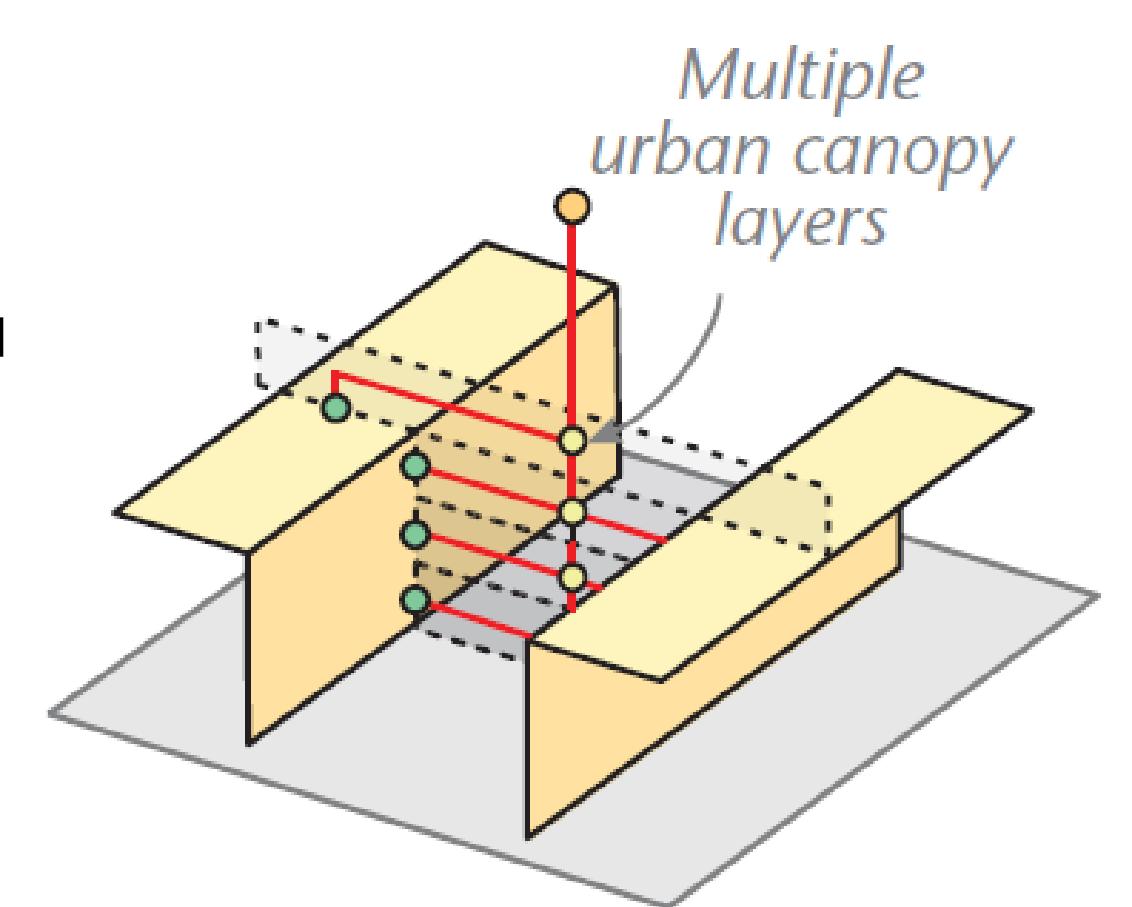
Сетка 201*201, 52 вертикальных уровня
Горизонтальный шаг сетки: 9 км, 3 км, 1 км

4 варианта:

исходные LCZ, зеленые крыши
Белые крыши, белые крыши и стены

Структура экспериментов

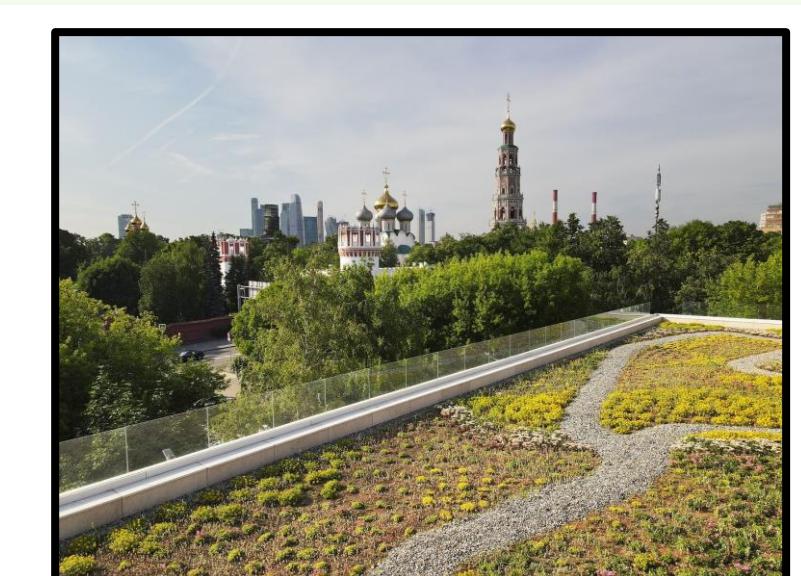
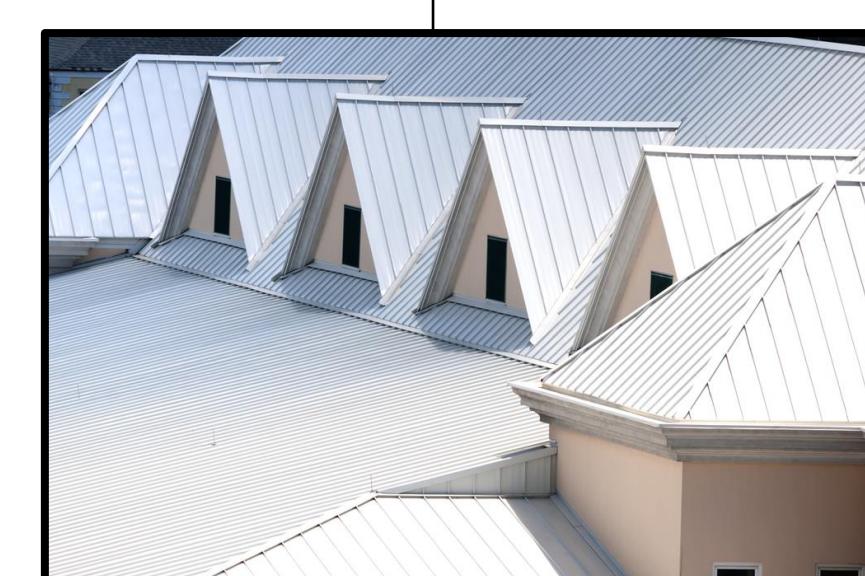
Использовалась многоуровневая параметризация городской подстилающей поверхности BEP+BEM
Городская застройка была разделена по локальным климатическим зонам LCZ
Это позволило учесть неоднородность параметров городской застройки



	Москва	Московская область
Среднее число работников	5'500'000	2'400'000
Среднее число рабочих часов в месяц	170	170
Средняя месячная зарплата (рублей)	110'000	70'000
Средняя почасовая оплата	650	410

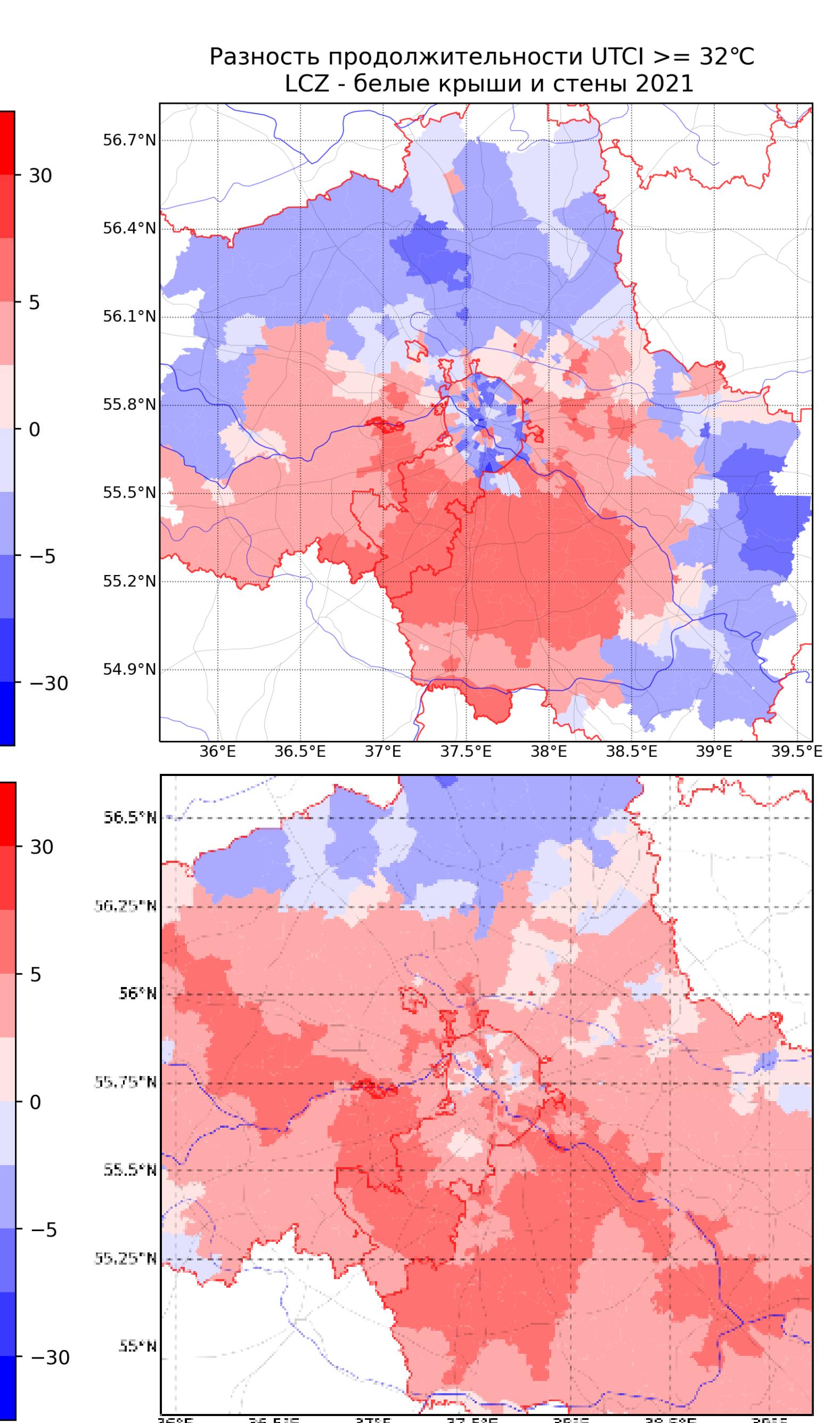
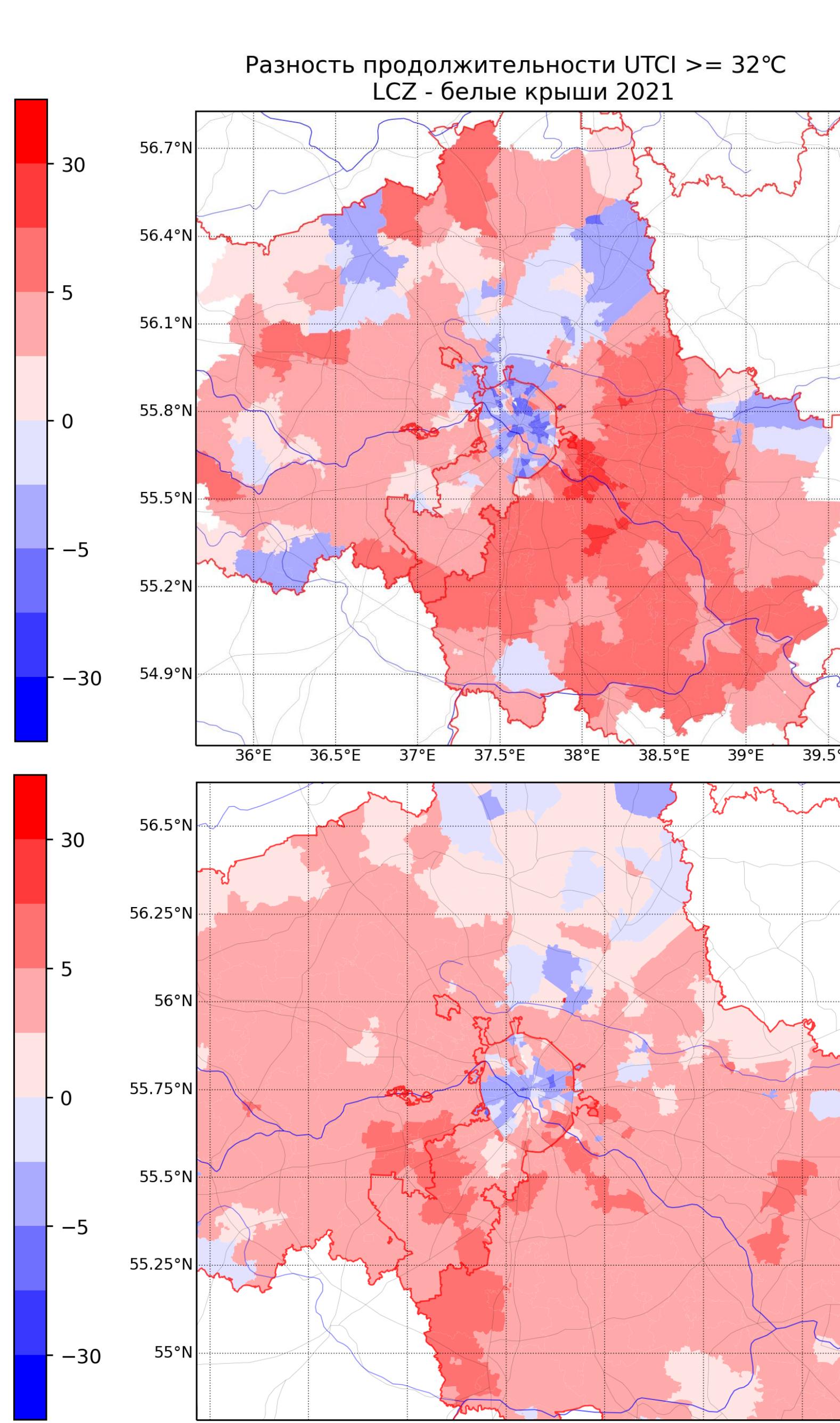
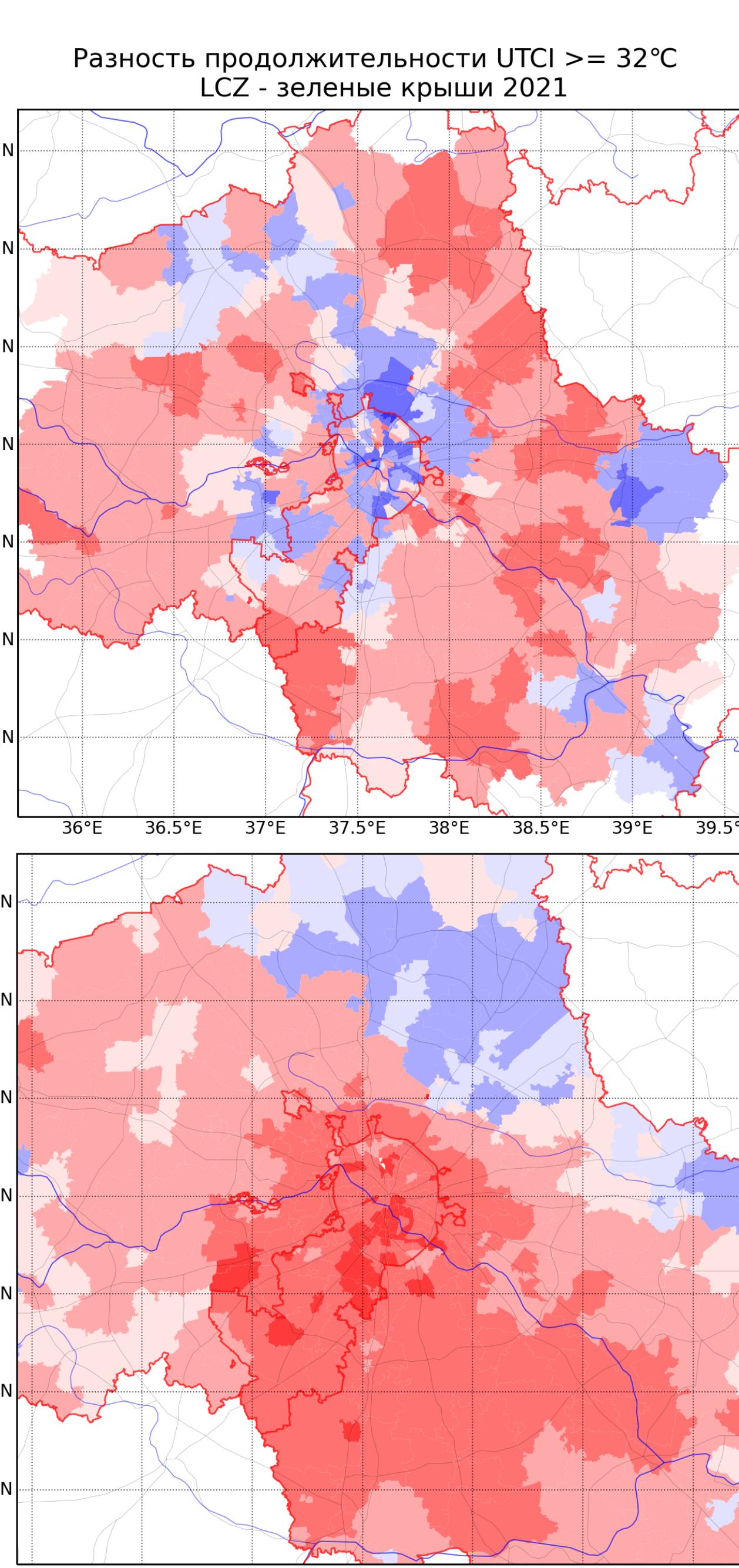
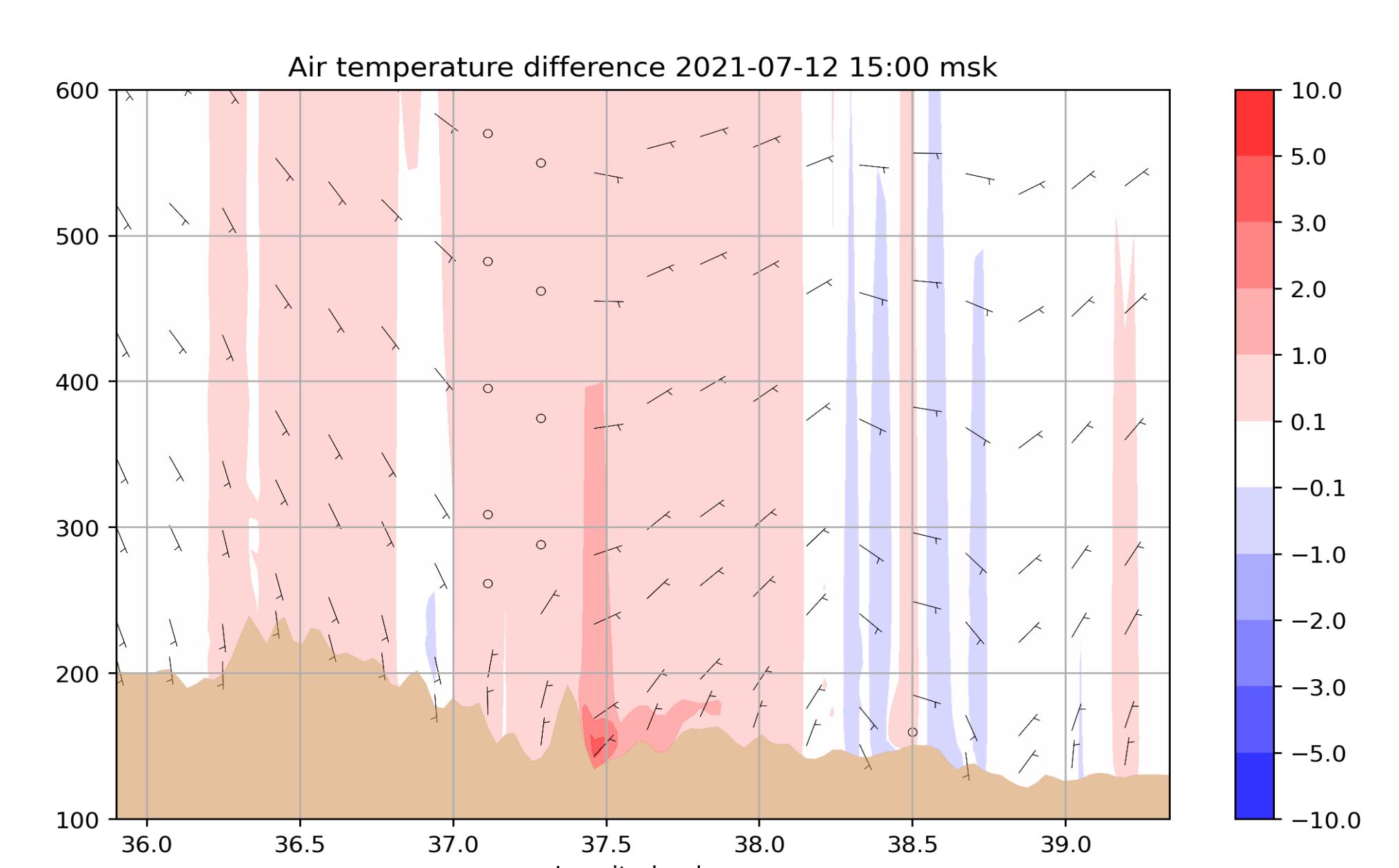
Общая часовая оплата: **4.6 млрд рублей**

Стоимость установки	\$2.4 млрд - \$3 млрд	+ \$4.8 млрд – \$5.4 млрд	\$15 млрд - \$30 млрд
Стоимость годового обслуживания	\$0.4 млрд	\$0.8 млрд	\$2 млрд - \$3 млрд



Результаты

- Обе стратегии адаптации показали снижение температуры воздуха в условиях волн жары
- Максимальный эффект наблюдался на высоте 30-50 метров над поверхностью, что соответствует влиянию крыш
- В условиях сухой и солнечной волны жары (август 2022) хорошо проявляется эффект от зеленых крыш за счет эвапотранспирации
- В условиях более влажной волны жары (июнь-июль 2021) эффективнее работали белые крыши, однако общий эффект мозаичен из-за влияния кучевой облачности
- Зеленые крыши создают запаздывание суточного хода температуры за счет повышения теплоемкости
- При продолжительности волн жары порядка 10 суток только белые крыши достаточно дешевы для экономической эффективности



- Провести расчеты для большего количества волн жары с охватом различных синоптических ситуаций
- Сделать нейросетевую модель для пересчета различных стратегий при разных климатических сценариях
- Учесть расходы на электричество для охлаждения и оплату отопления
- Провести валидационную измерительную кампанию на реальных зеленых и белых крышах
- Составить модель экономической эффективности стратегий по районам Москвы