

Оценка состояния растительности по гиперспектральным снимкам PRISMA на примере Ближнего Подмосковья

Васильев П.К., Балдина Е.А.

*Географический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова,
каф. Картографии и геоинформатики*

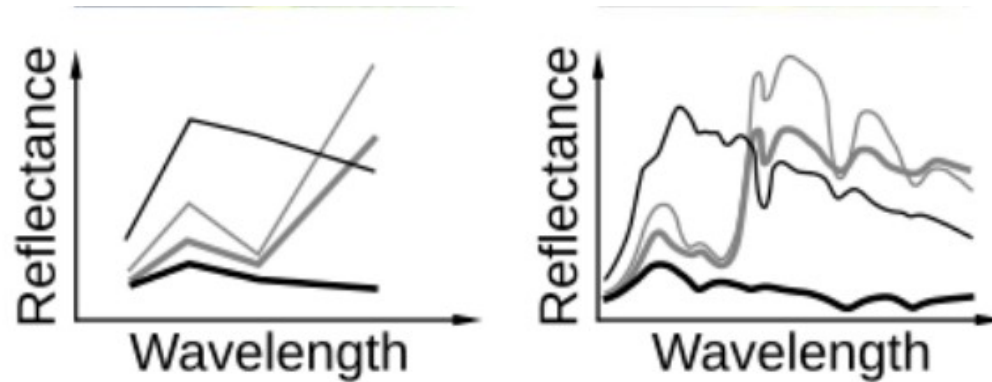


ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

МГУ имени М.В. Ломоносова

Особенности исходных данных

Гиперспектральная съемка схожа с многозональной, однако отличается более точной аппроксимацией кривой спектральной яркости (много узких каналов).



- **Отсюда ее особенности:**
- Большой объем данных
- Сильная схожесть каналов
- Зашумленность каналов
- Необходимость доработки/создания новых методов обработки данных

Использованные данные

Снимок PRISMA: Подмосковье (Внуково, Селятино, Троицк), 22 июня 2021 г., 25 августа 2022 г.

Параметры снимка:

- **239** каналов, **400–2500** нм
~**12** нм каждый
- простр. разр.: **30** м
- радиом. разр.: **12** бит

Непригодны из-за шума:

1349 — 1438 нм

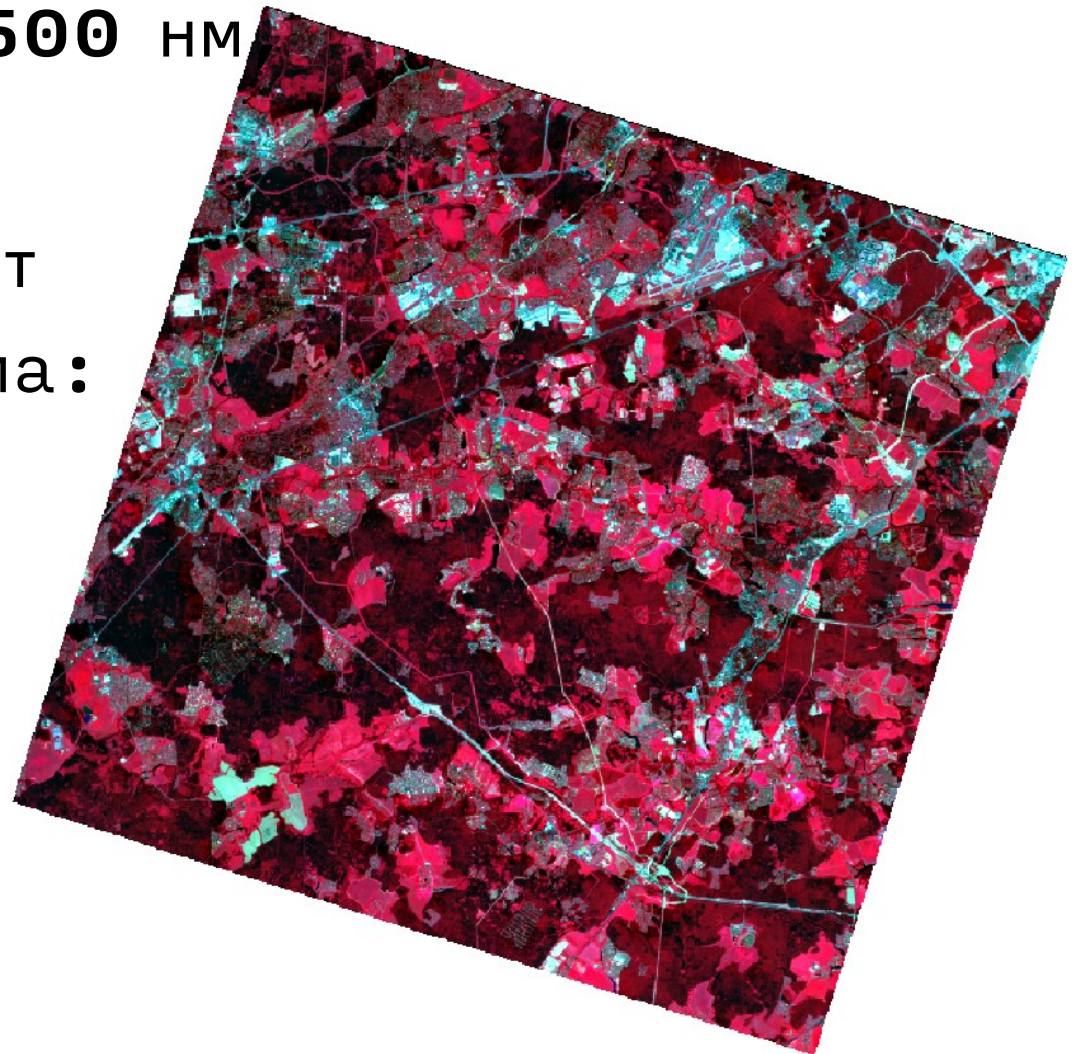
1803 — 1941 нм

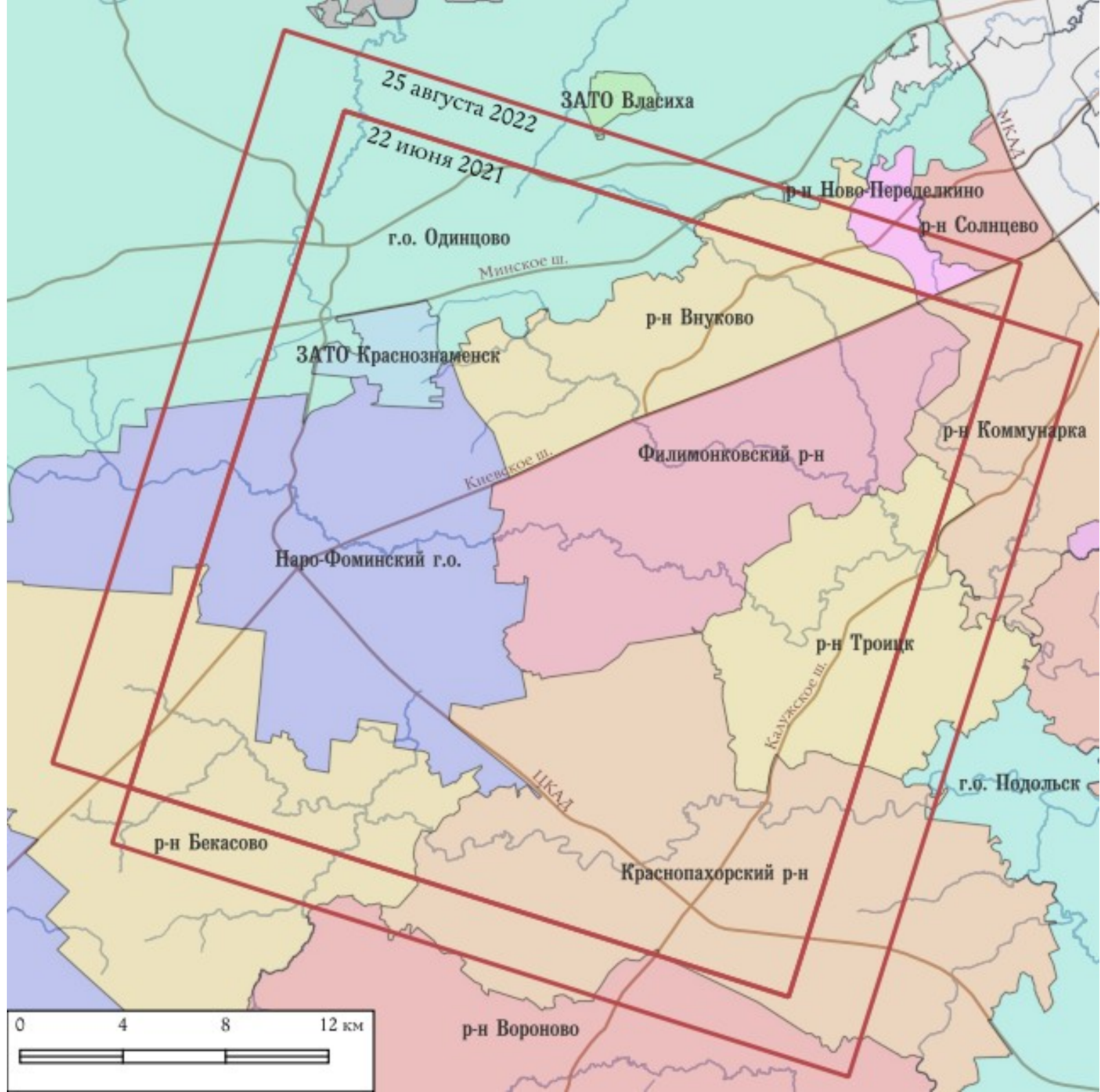
2463 — 2495 нм

R 775 нм

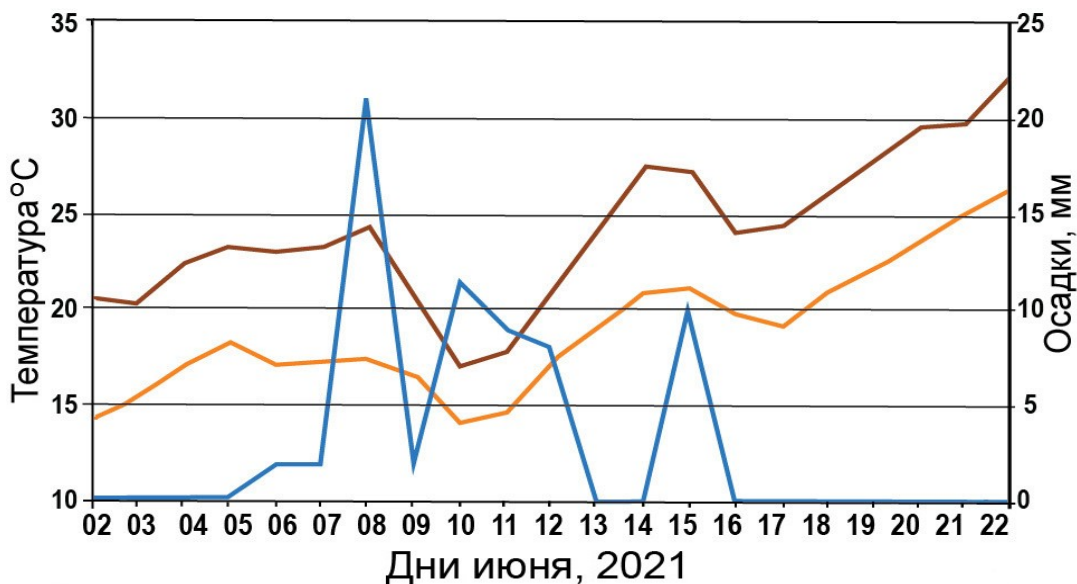
G 655 нм

B 567 нм





Метеорологические факторы, влияющие на состояние растительности

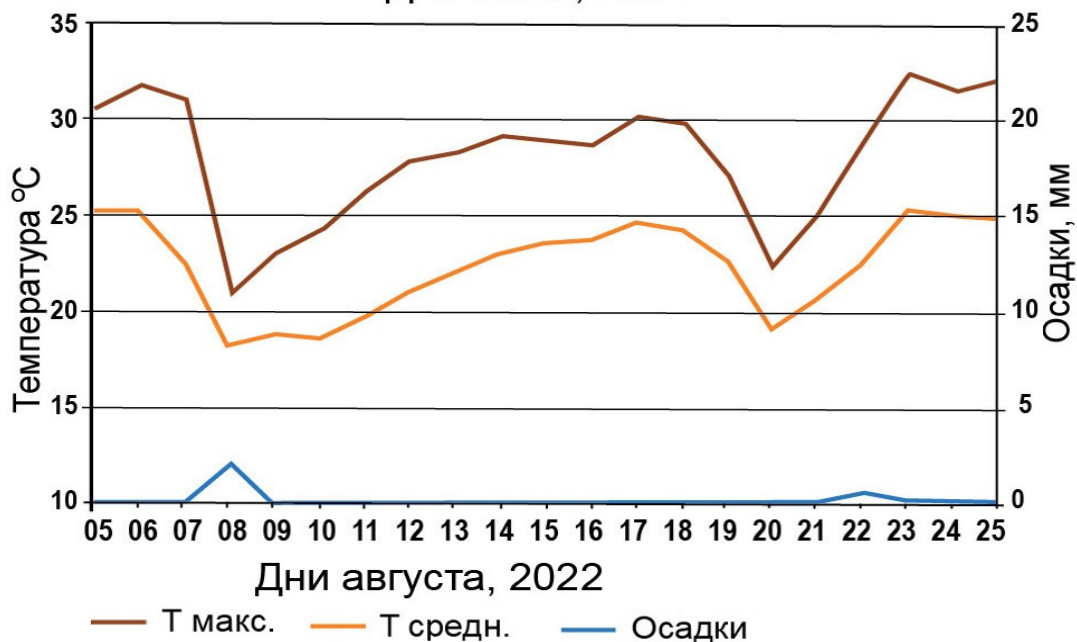


3 недели, Июнь 2021:

Осадков: 60 мм

Средняя темп.: 20,3 С

Погода немного теплее нормы



3 недели, Август 2021:

Осадков: 3 мм

Средняя темп.: 22,5 С

Засуха

Показатели оценки состояния растительности

Вычислялись показатели, связь которых с состоянием растительности известна по литературным источникам:

- **LAI (Leaf Area Index):** общая активность растений. При растительном стрессе **снижается**.
- **Содержание хлорофилла:** активность фотосинтеза, не зависит от LAI. При растительном стрессе **снижается**.
- **Содержание антоцианов:** защита хлорофилла от окисления. При растительном стрессе **растет**.
- **Содержание каротиноидов:** защита хлорофилла от окисления. При растительном стрессе **растет**.
- **Влагосодержание:** состояние растительности. При засухе **снижается**.

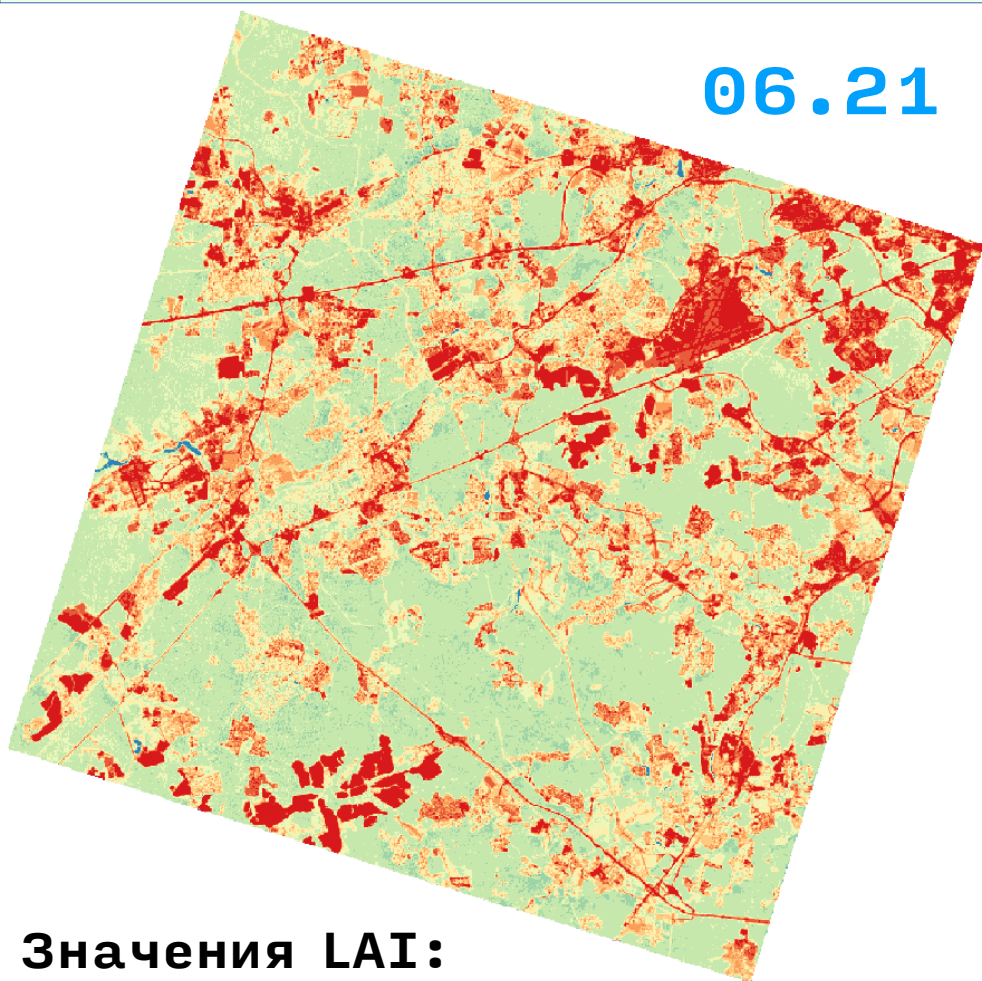
Показатели рассчитаны для двух снимков, также рассчитывался растр разности.

LAI

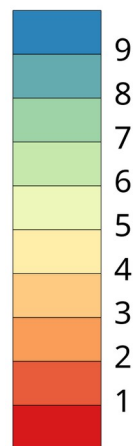
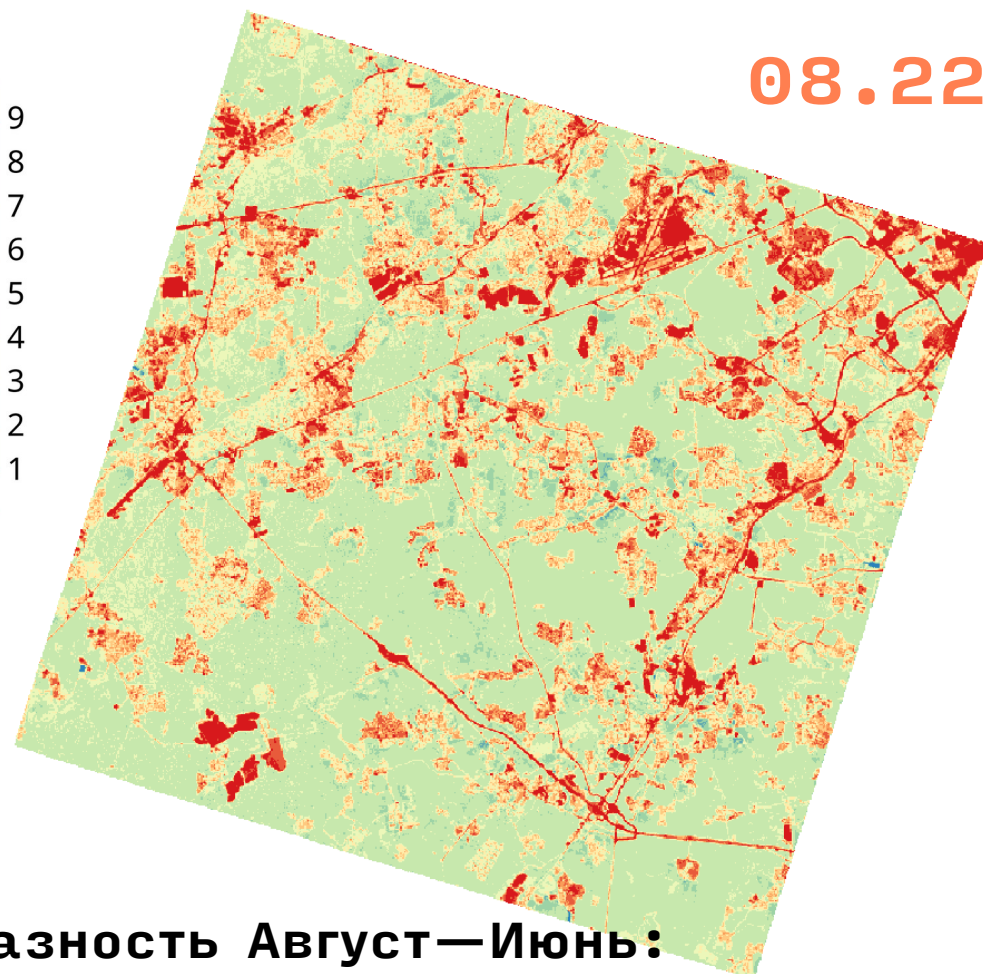
$$MTVI_2 = \frac{1,5 \left(1,2 (R_{800} - R_{550}) - 2,5 (R_{670} - R_{550}) \right)}{\sqrt{\left(2 R_{800} + 1 \right)^2 - \left(6 R_{800} - 5 \sqrt{R_{670}} \right) - 0,5}}$$

$$LAI = 0,2227 e^{3,6566 \cdot MTVI_2}$$

06.21



08.22



Значения LAI:

Леса: 5,9–6,3 / 6,0–6,5

Антропогенные: 0–2

Поля: 1–6 / 1–8, в зависимости от стадии обработки

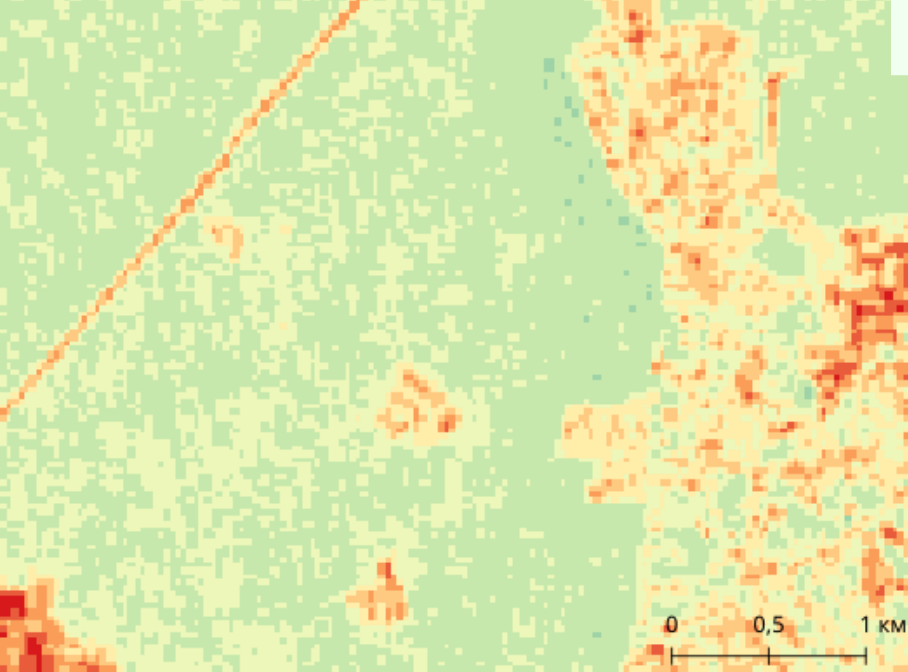
Шум: от ±0,1 (луга, газоны) до ±0,4 (хвойные леса)

Разность Август—Июнь:

Леса: от −0,1 (липняк) до +0,4 (хвойные)

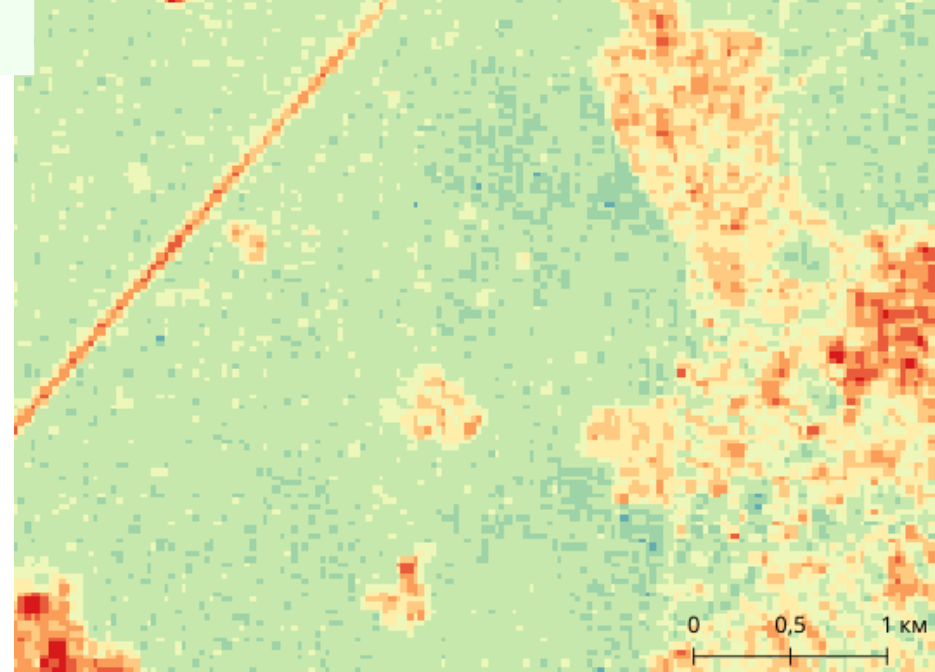
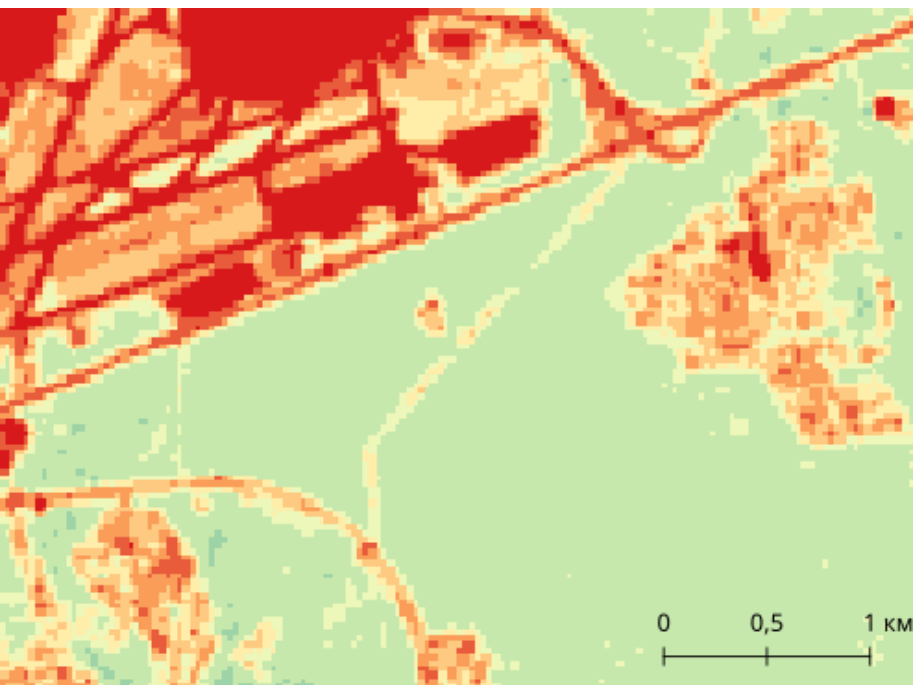
Растительность населенных пунктов: от −2 до −1 (особо хорошо видно на примере газона а/п Внуково)

LAI



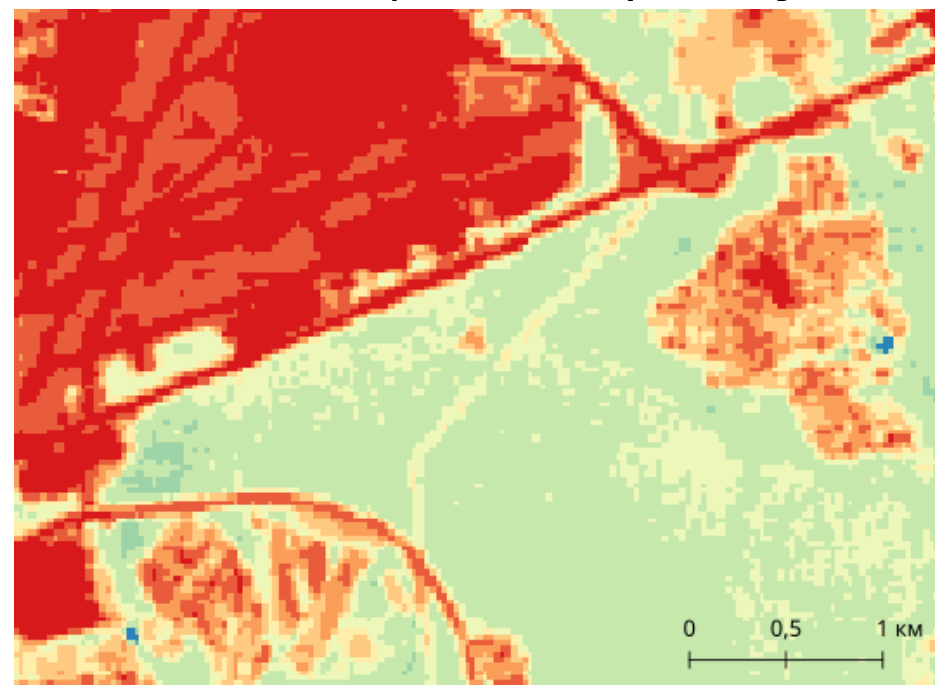
Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Июль 2021

Киевское ш., близ а/п Внуково



Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Август 2022

Киевское ш., близ а/п Внуково

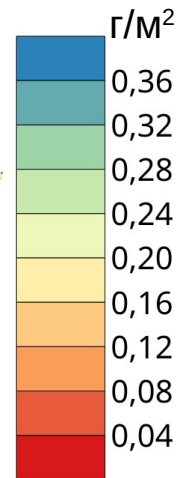


Хлорофилл

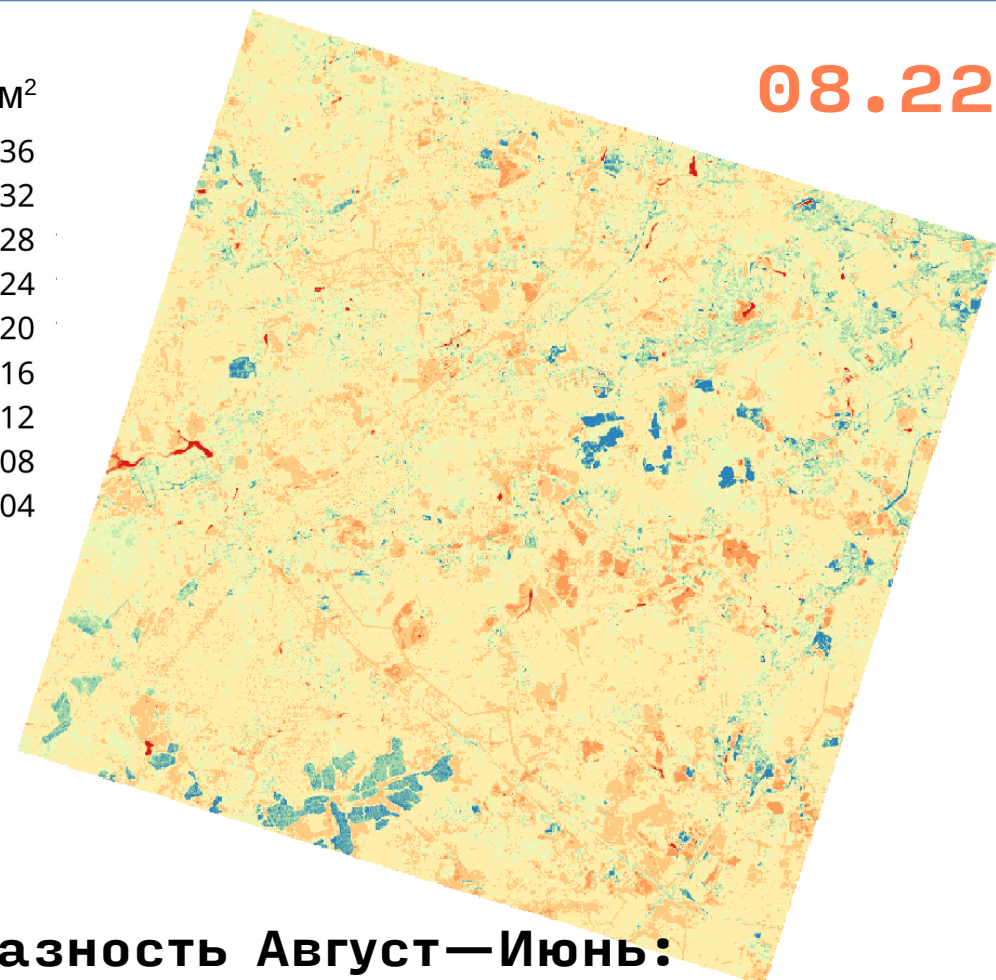
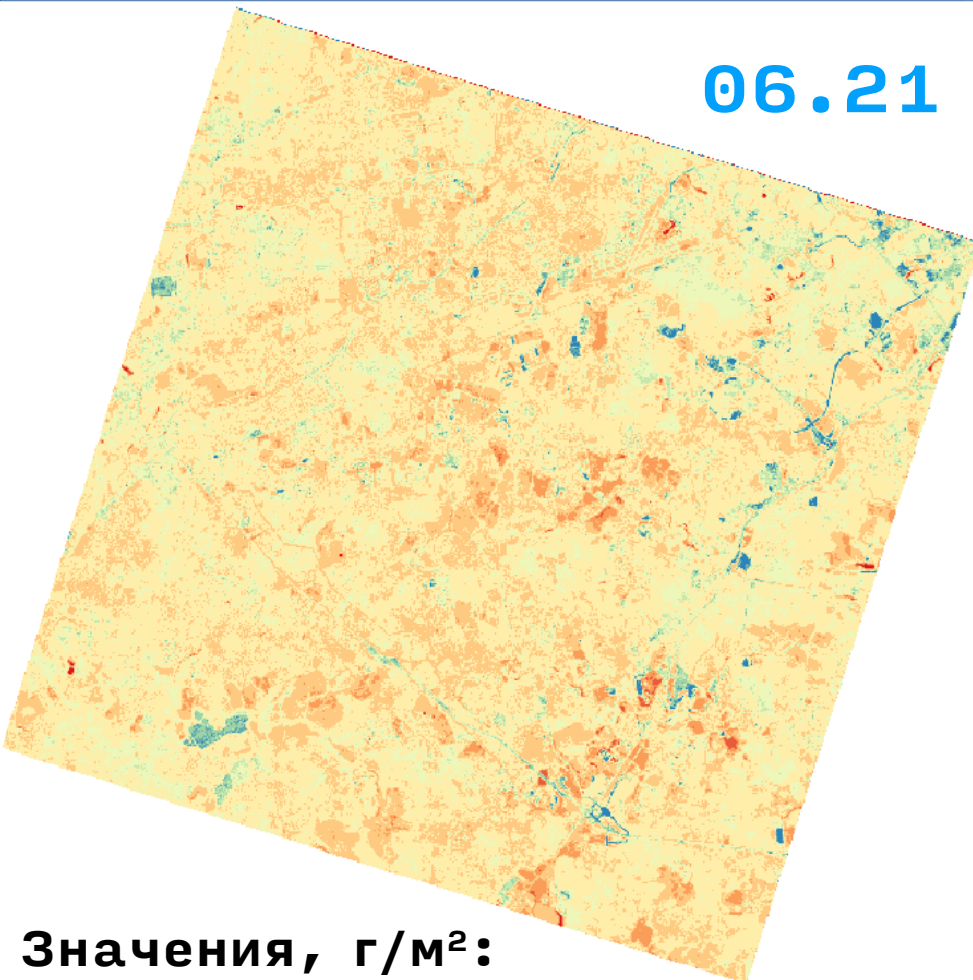
$$CI_{rededge} = \left(\frac{R_{783}}{R_{705}} \right) - 1$$

$$LCC = \frac{0,5176 CI_{rededge}}{LAI}$$

06.21



08.22



Значения, г/м²:

Хвойные: 0,15–0,16/0,15–0,17

Липняк: 0,21–0,23/0,17–0,19

Смешанные: промежуточные значения в оба периода

Почва/бетон: > 0,3 (неверные значения из-за низкого LAI)

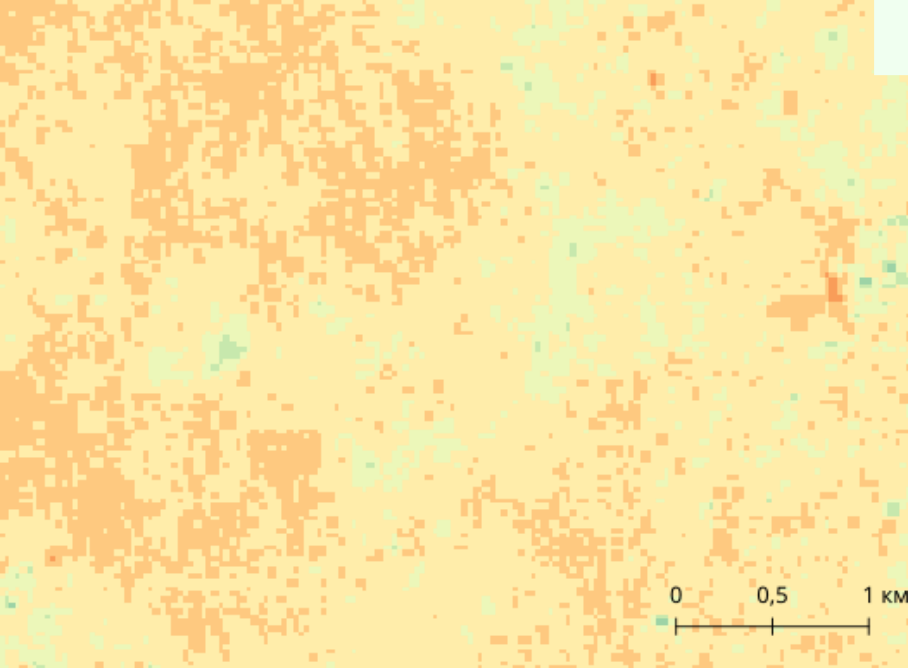
Разность Август—Июнь:

Хвойные: –0,01 – +0,02

Липняк: –0,06 – –0,04

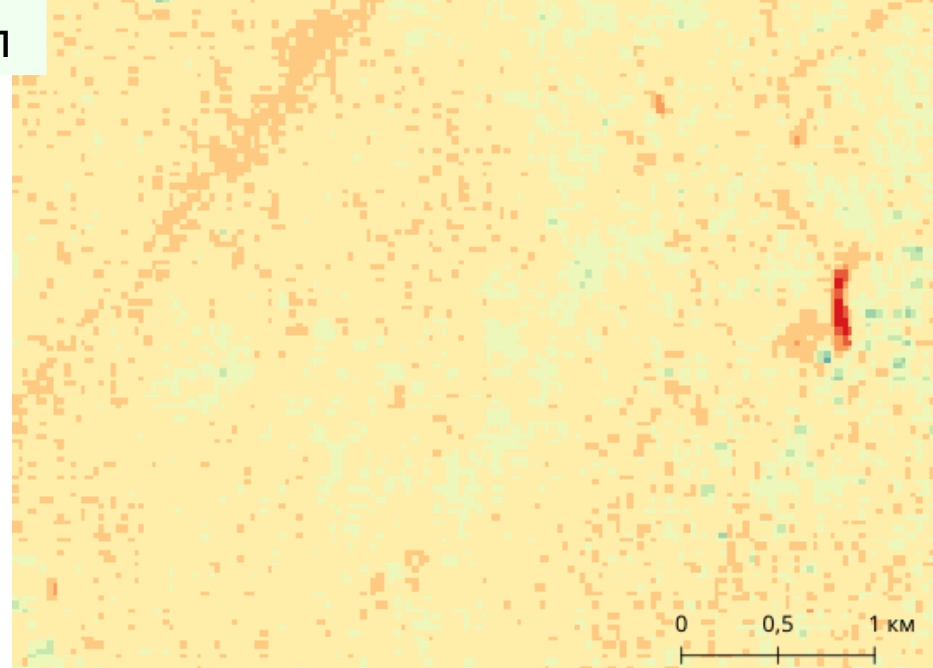
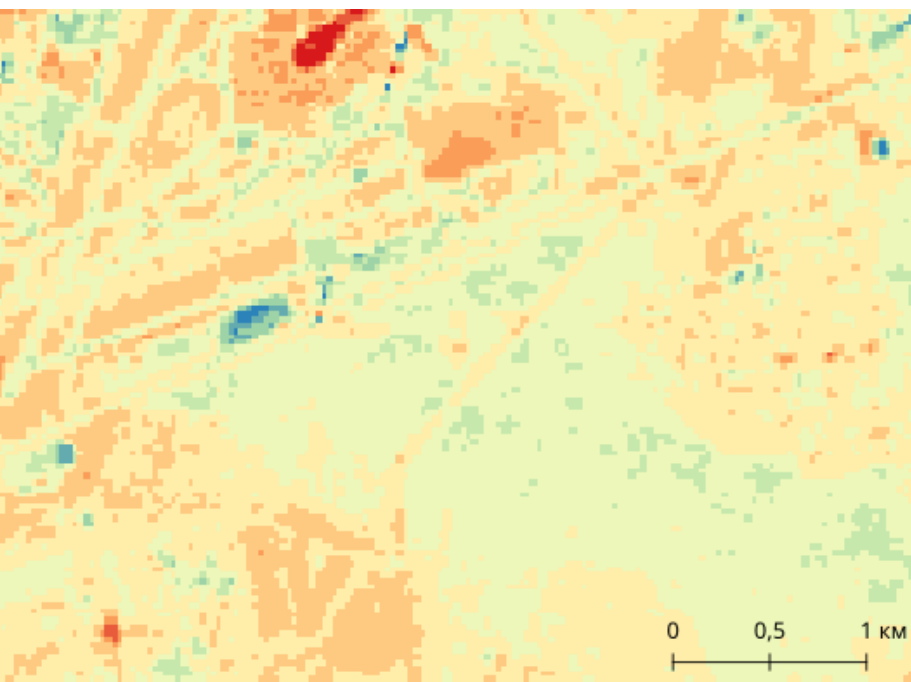
Смешанные: промежуточные значения в оба периода

Хлорофилл



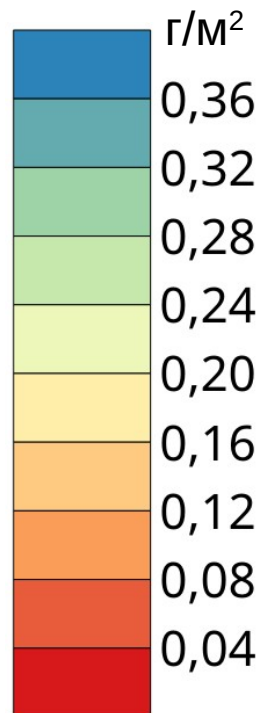
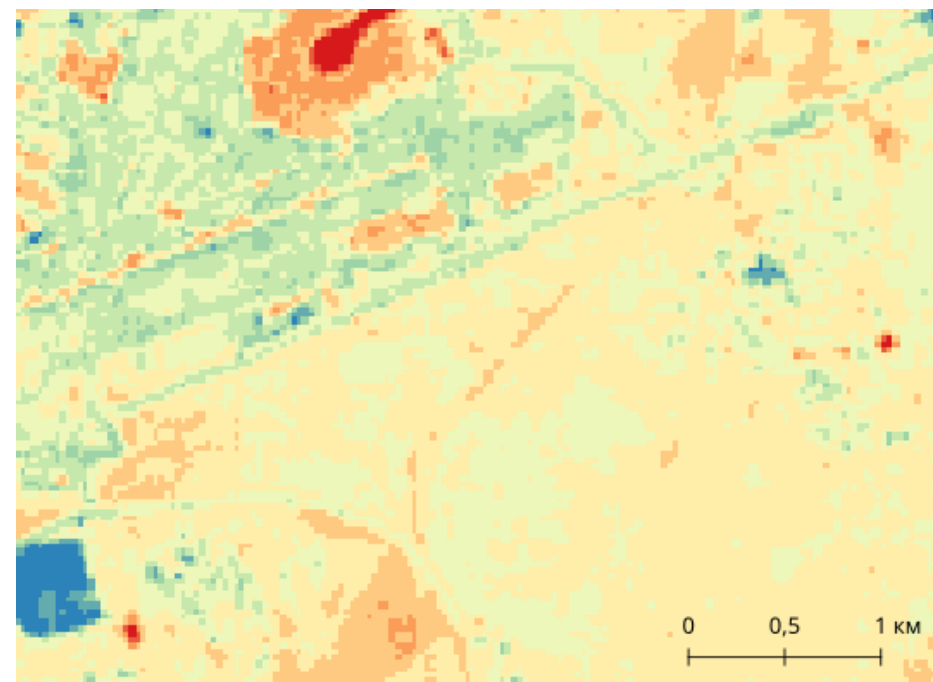
Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Июль 2021

Киевское ш., близ а/п Внуково



Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Август 2022

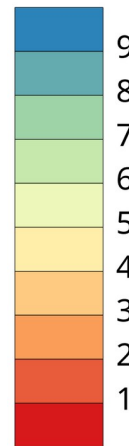
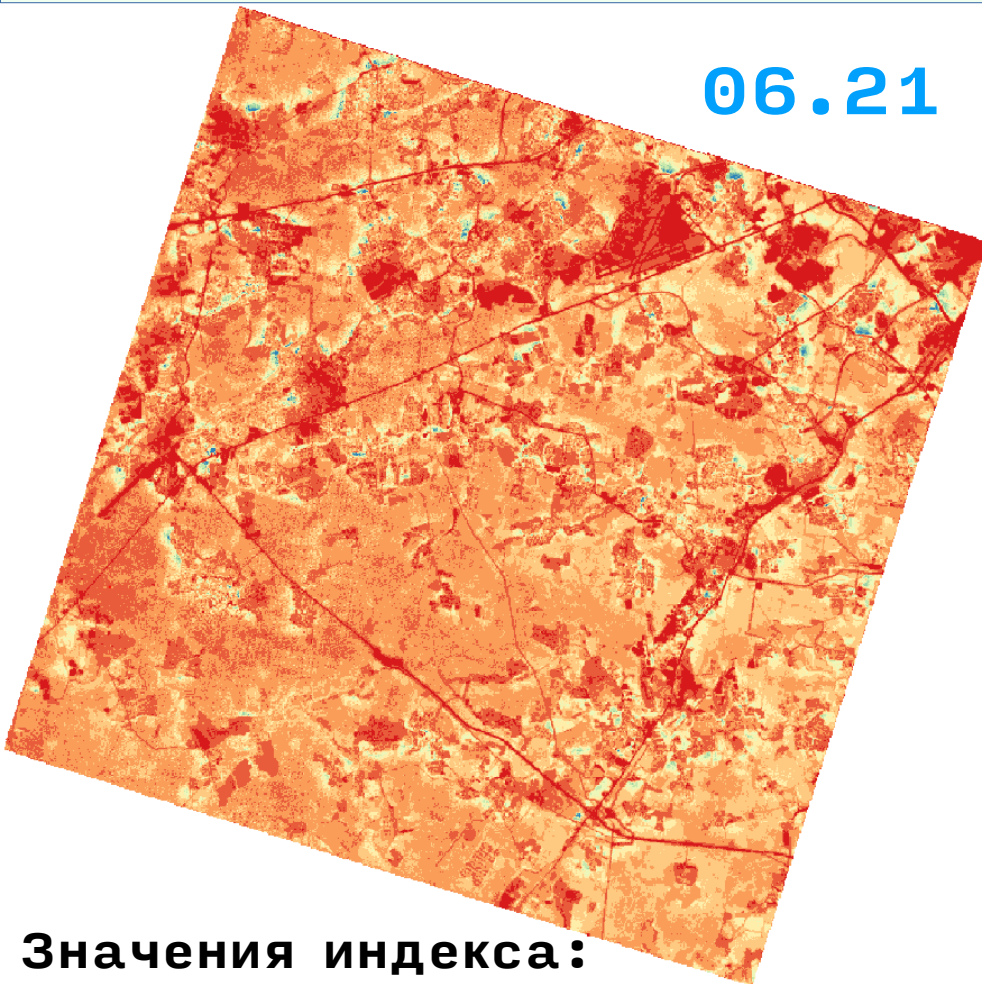
Киевское ш., близ а/п Внуково



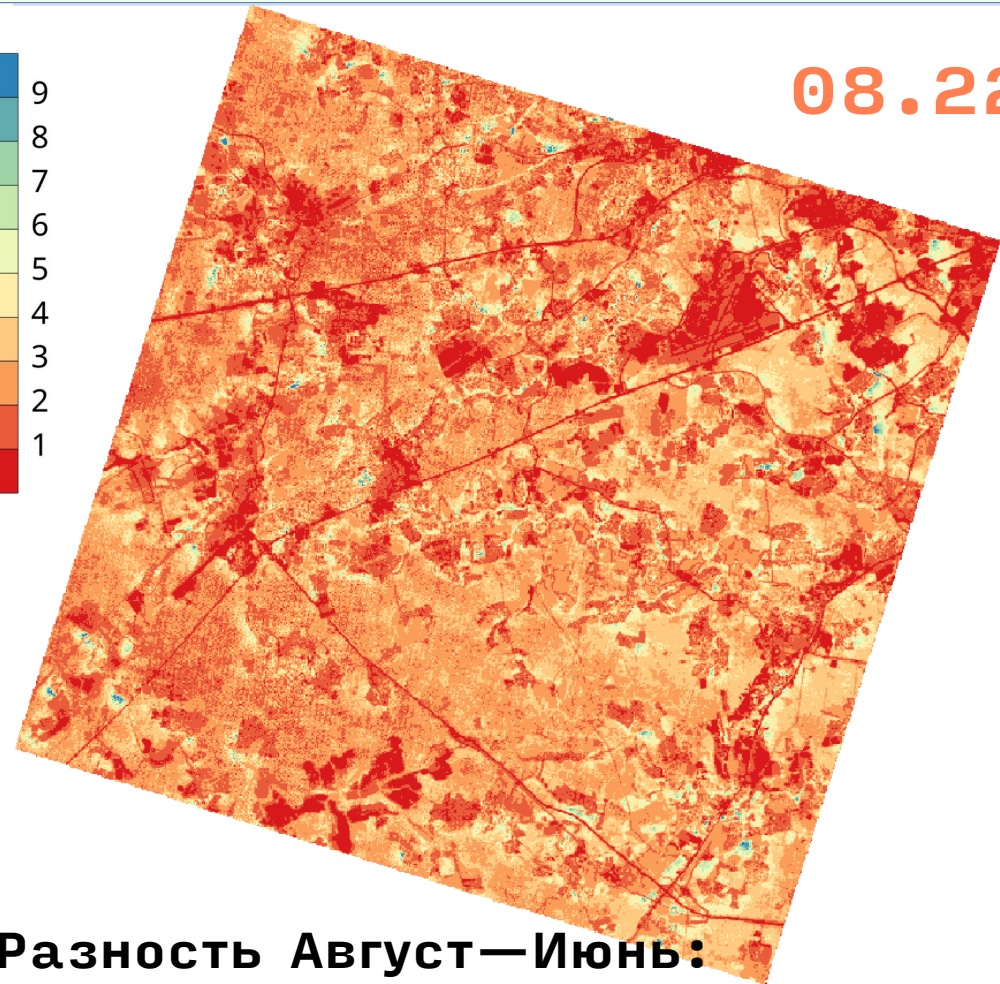
Антоцианы

$$mARI = \left(\frac{1}{R_{550}} - \frac{1}{R_{700}} \right) R_{800}$$

06.21



08.22



Значения индекса:

Хвойные: 1,6–2,2

Смешанные: 2,3–2,9

Липняк: 3,6–4,3

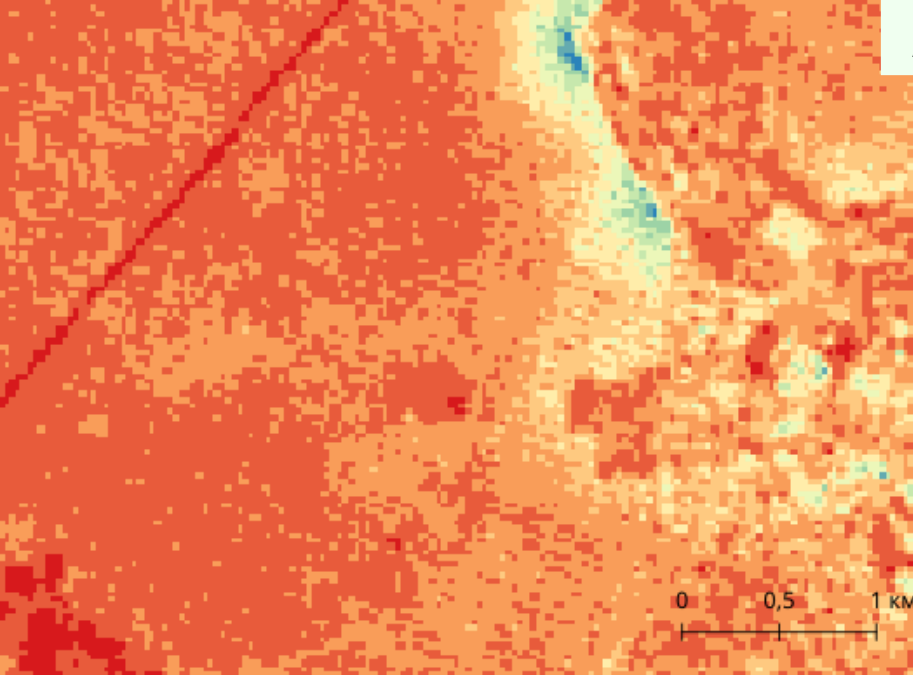
Парки: 4–6

Высокая антропогенная нагрузка
соответствует высоким значениям

Разность Август—Июнь:

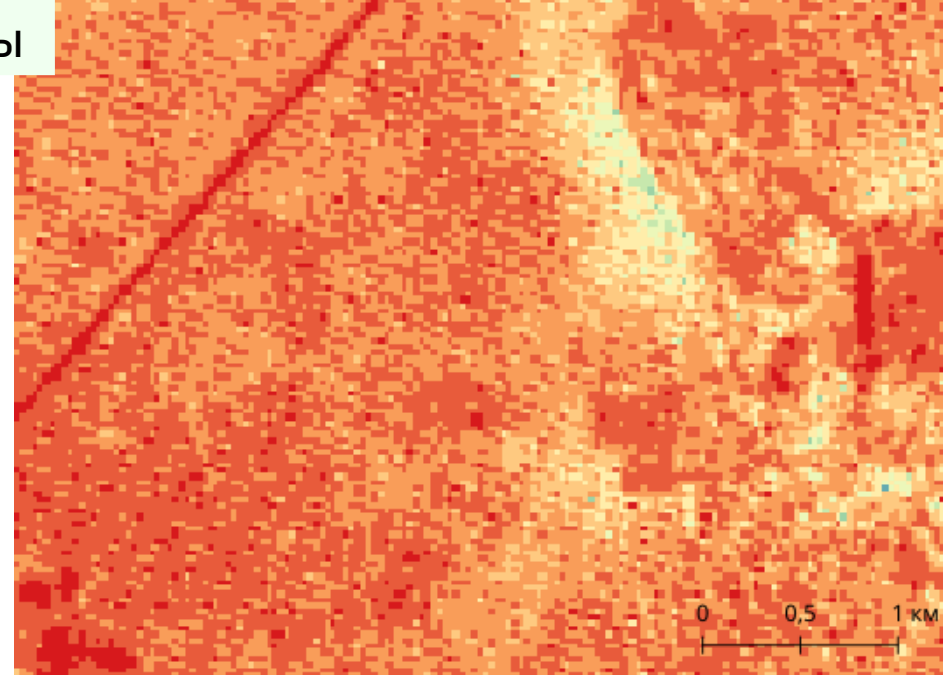
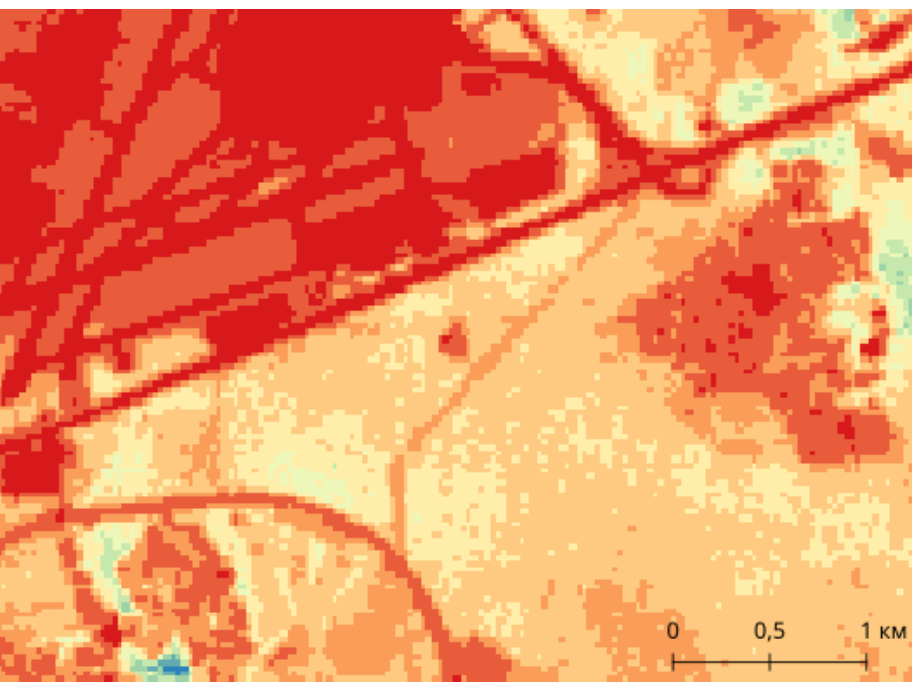
Разность практически отсутствует.
Резкое повышение индекса
соответствует резкому увеличению
антропогенной нагрузки, в основном
в связи со строительством.

Антоцианы



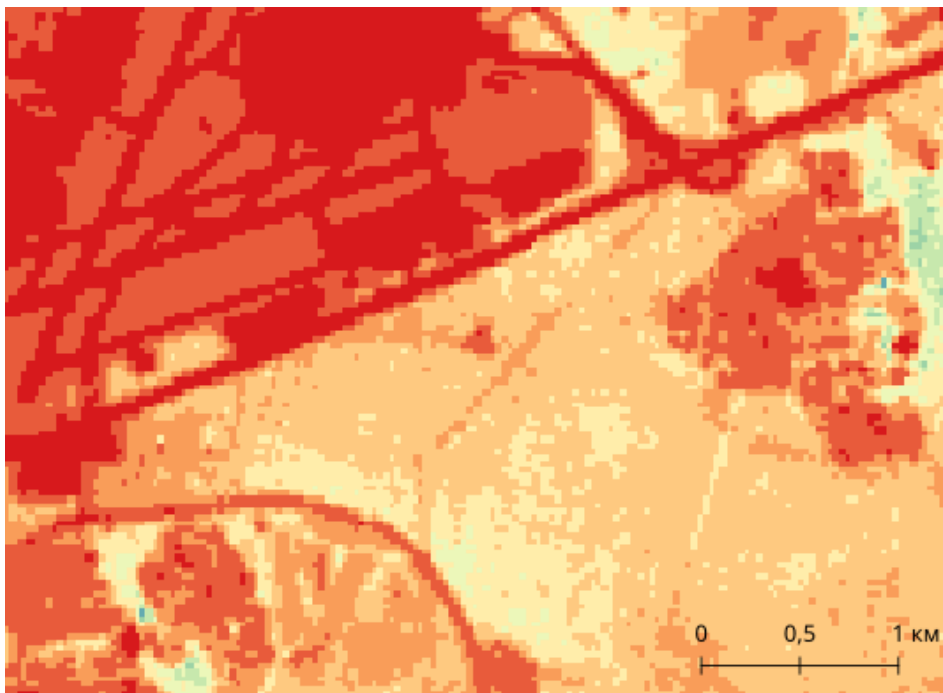
Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Июль 2021

Киевское ш., близ а/п Внуково



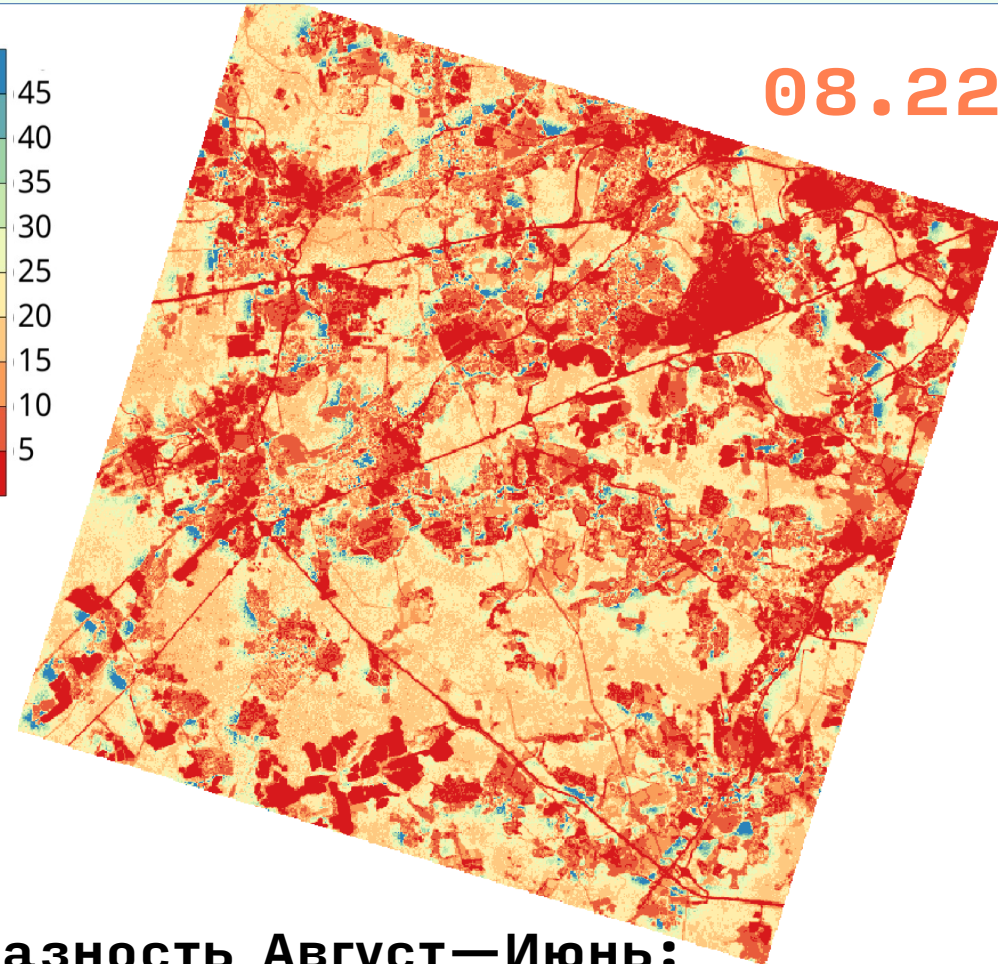
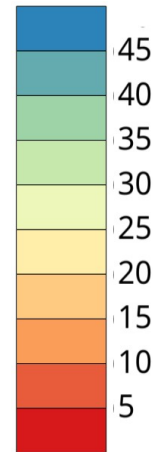
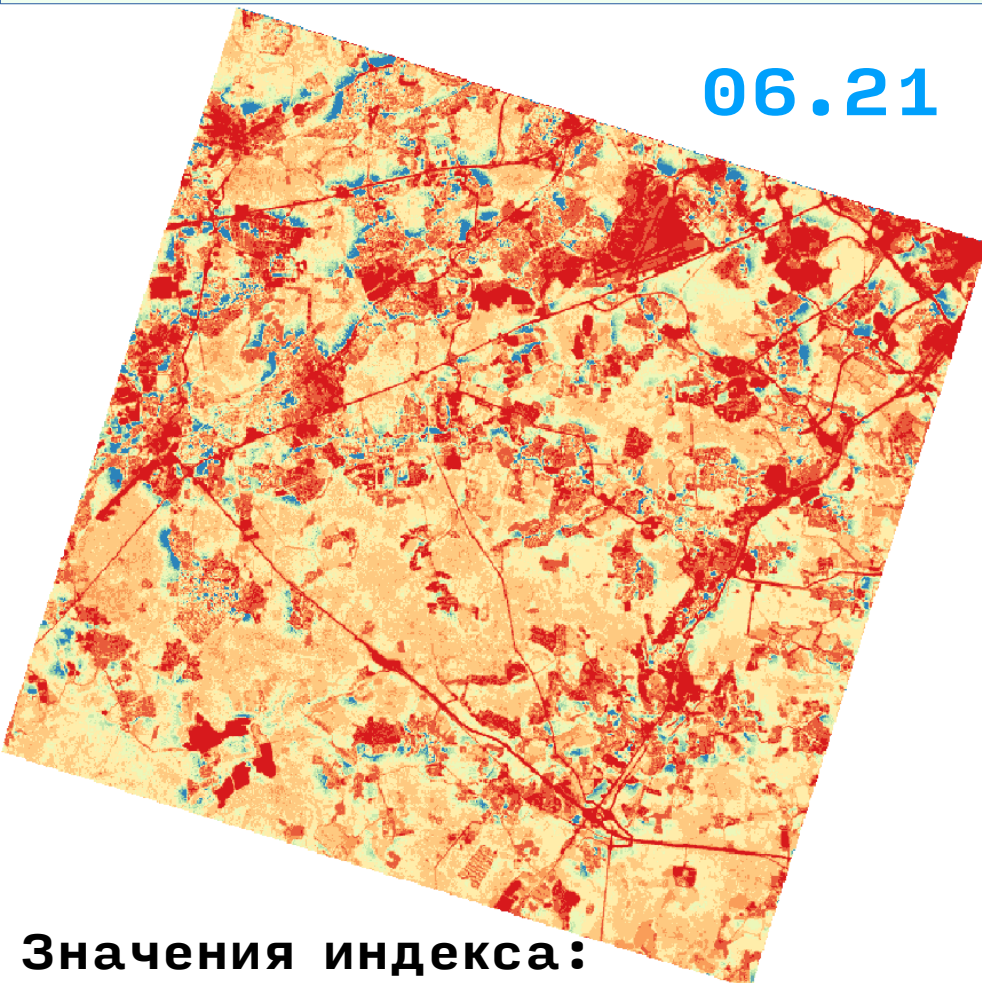
Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Август 2022

Киевское ш., близ а/п Внуково



Каротиноиды

$$CTRI = 1,2 \frac{(1,2(R_{800} - R_{550}) - 2,5(R_{670} - R_{550}))}{R_{531}}$$

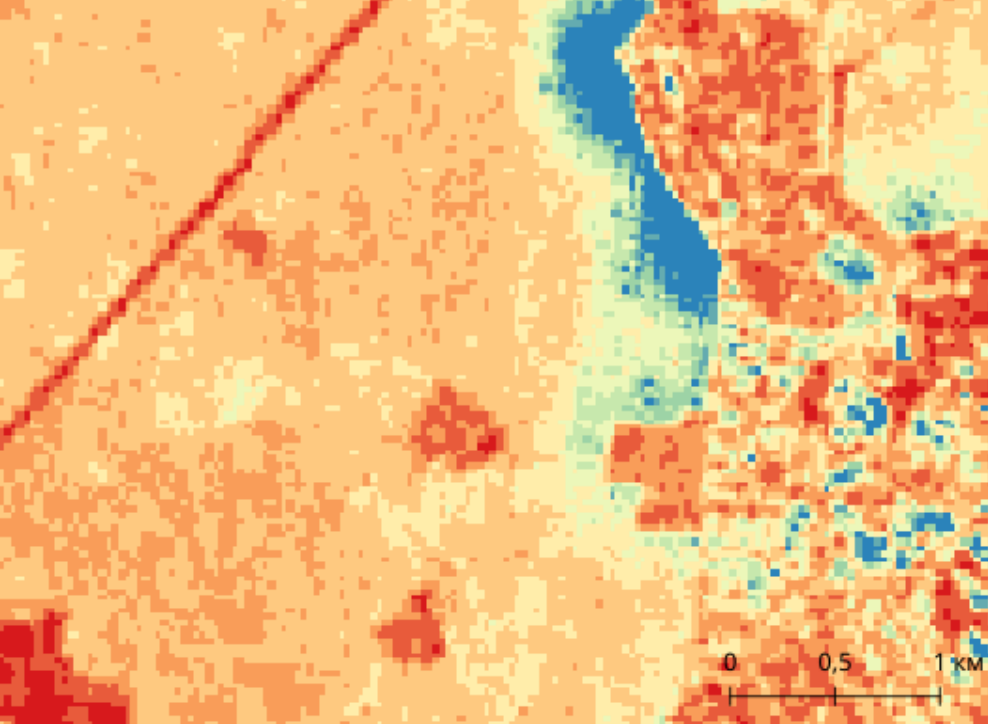


Значения индекса:

Пространственное распределение схоже с индексом содержания антоцианов

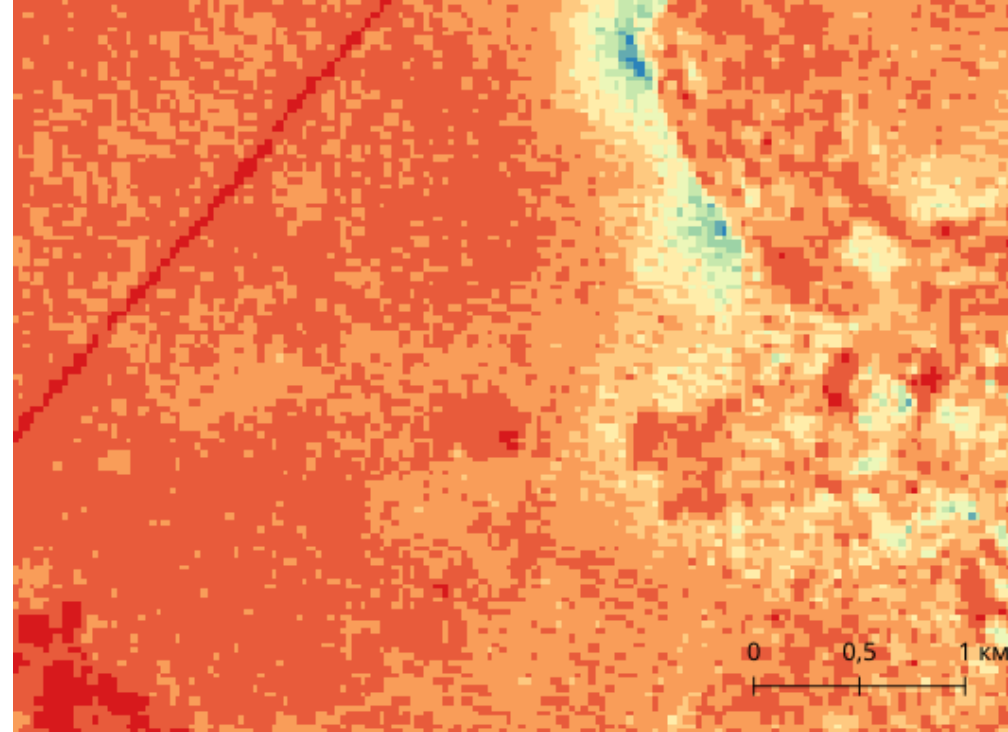
Разность Август—Июнь:

Наблюдается слабое уменьшение (до **-5**), связанное с сезонной динамикой, а также резкое повышение вблизи строящихся объектов.

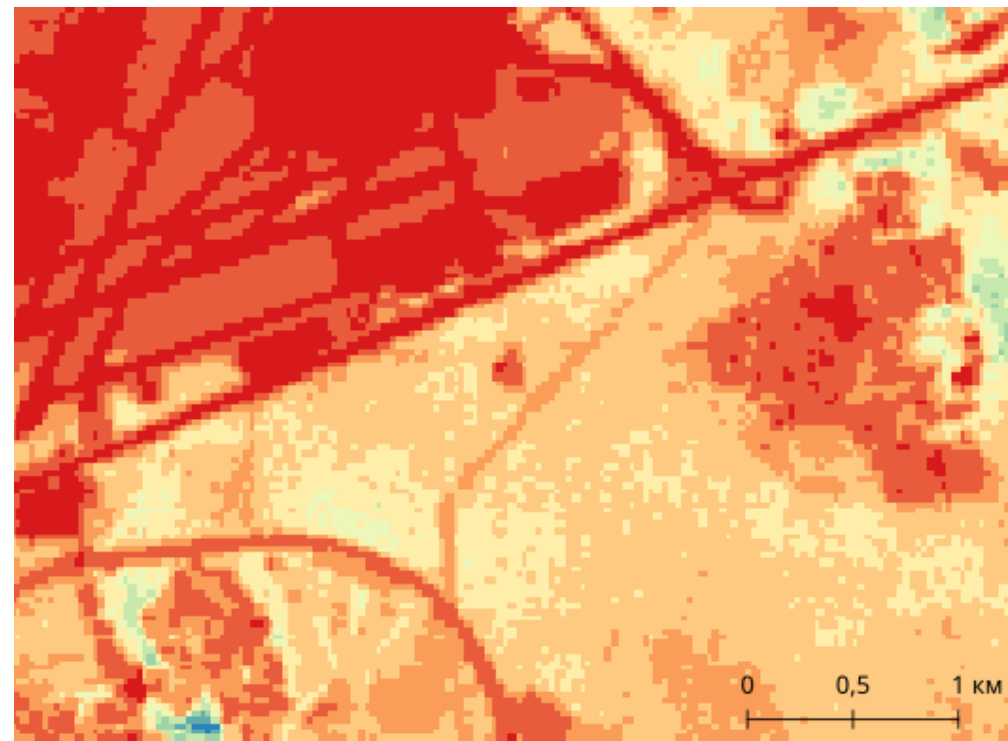
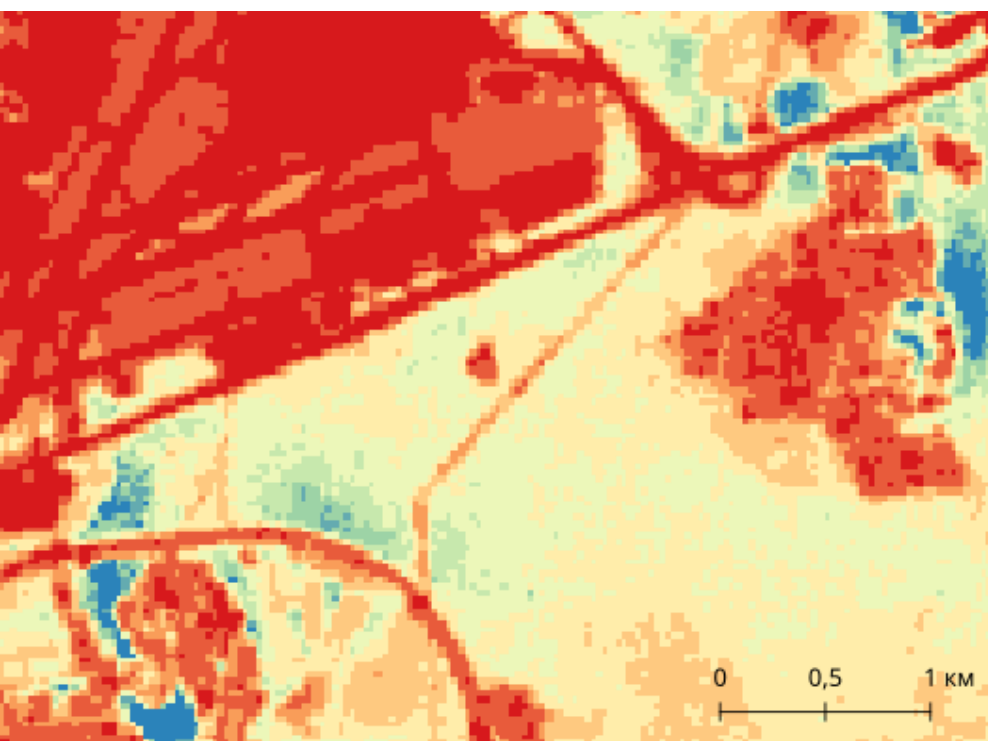


Каротиноиды

Июнь 2021



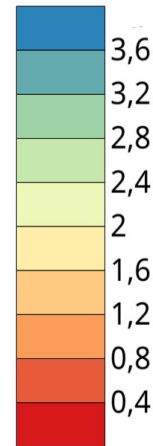
Антоцианы



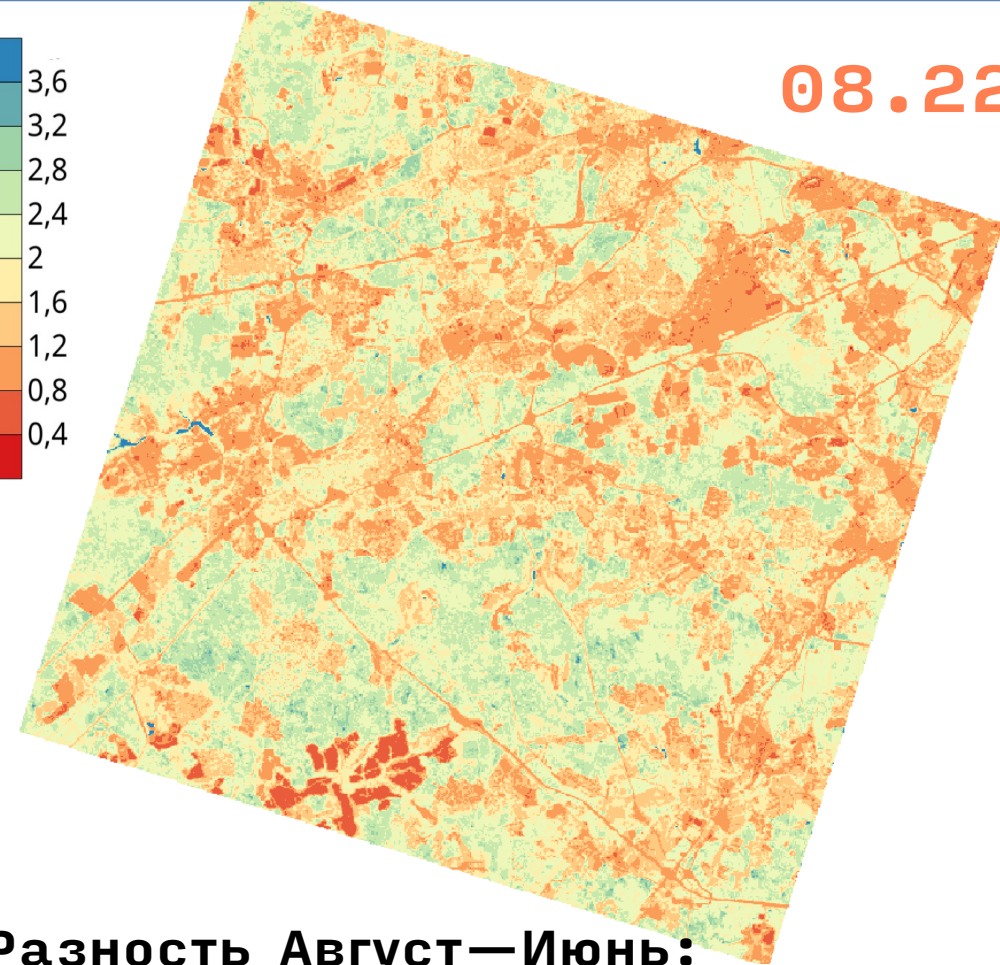
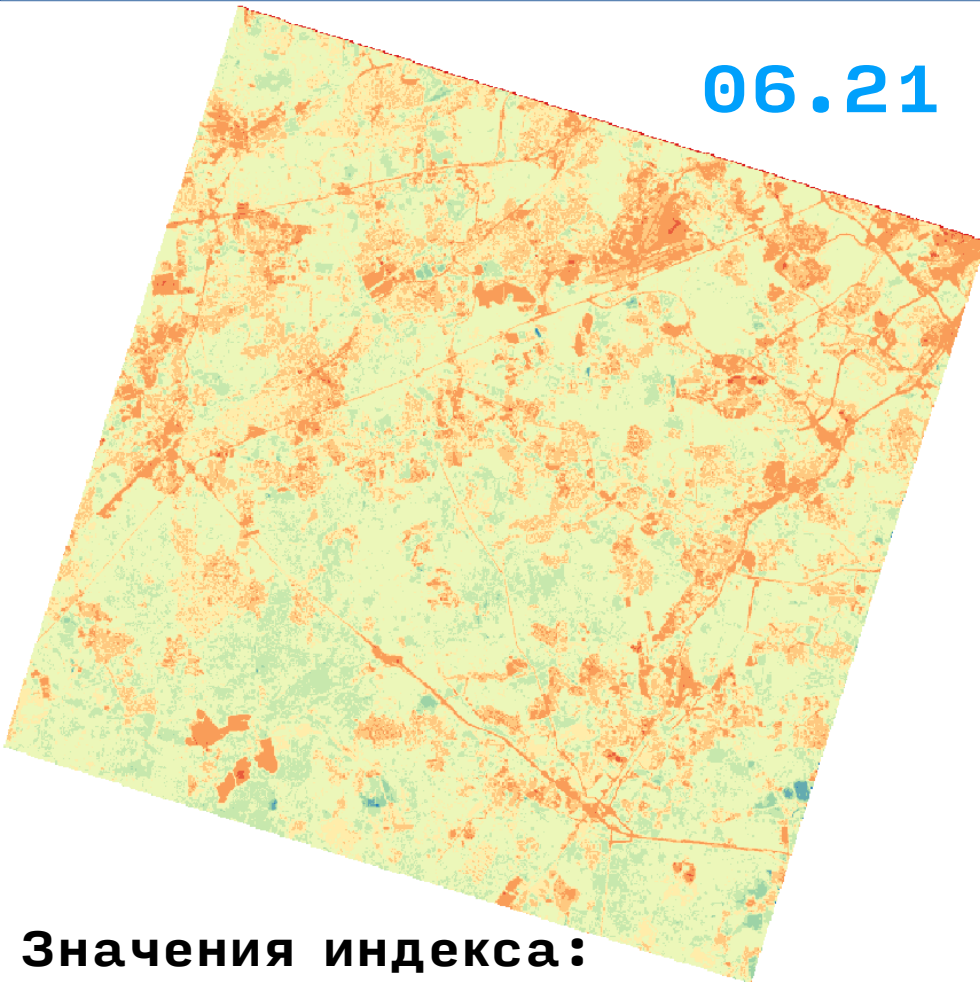
Влага

$$MSI = \frac{R_{820} - R_{1600}}{R_{820} + R_{1600}}$$

06.21



08.22



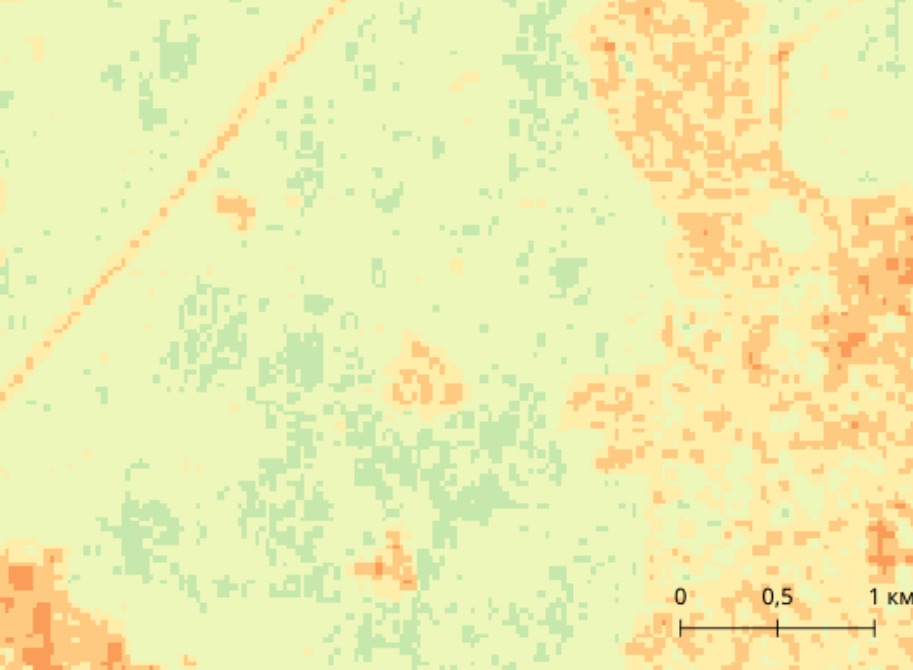
Значения индекса:

Липняк: 2,3–2,4/1,9–2,0
Смешанные: 2,2–2,3/2,2–2,3
Хвойные: 2,1–2,2/2,4–2,6
Антропогенные объекты: 0,8–1,2
Растительность н.п.: 1–2

Разность Август—Июнь:

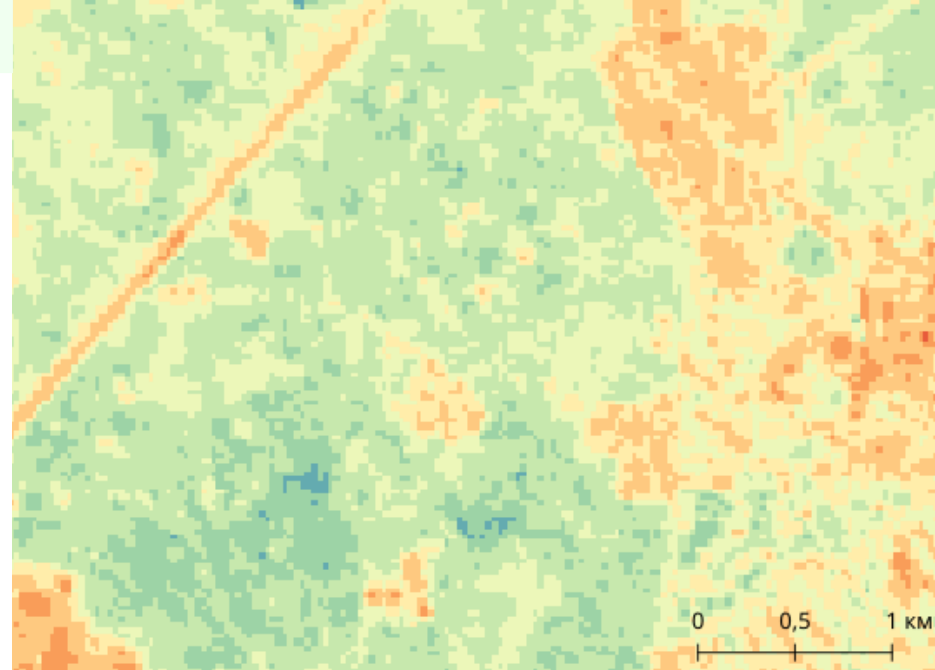
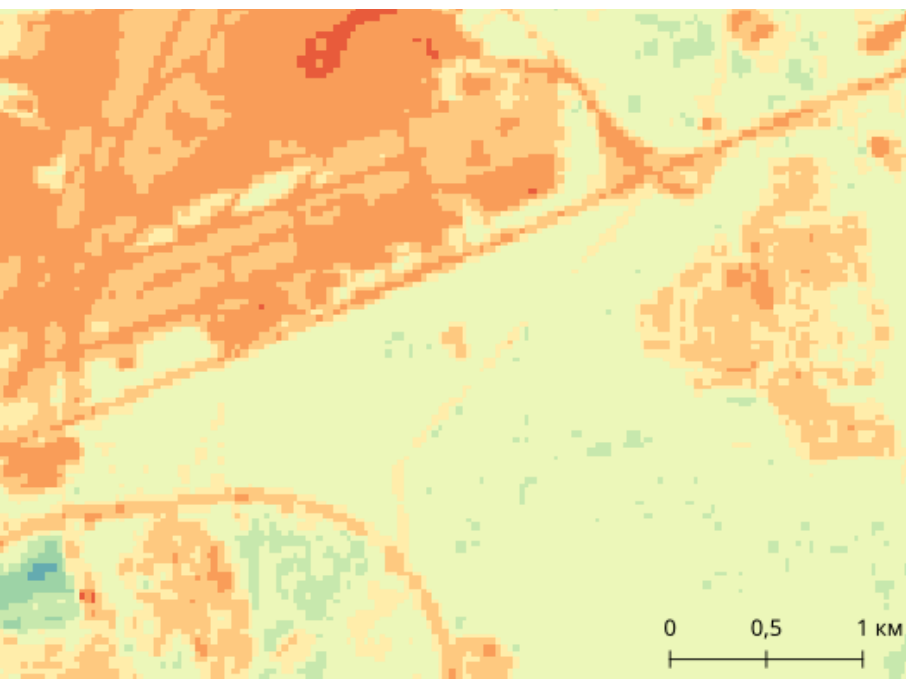
Липняк: от –0,5 до –0,2
Смешанные: от –0,2 до +0,3
Хвойные: от +0,3 до +0,6
Растительность населенных пунктов:
от –0,6 до –0,3
Возможно, сезонная динамика?

Влага



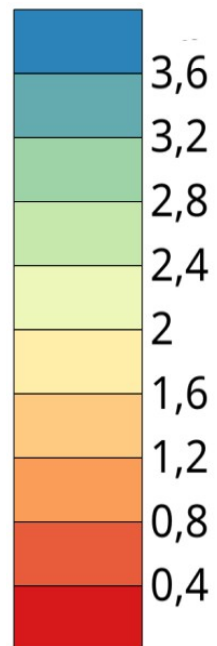
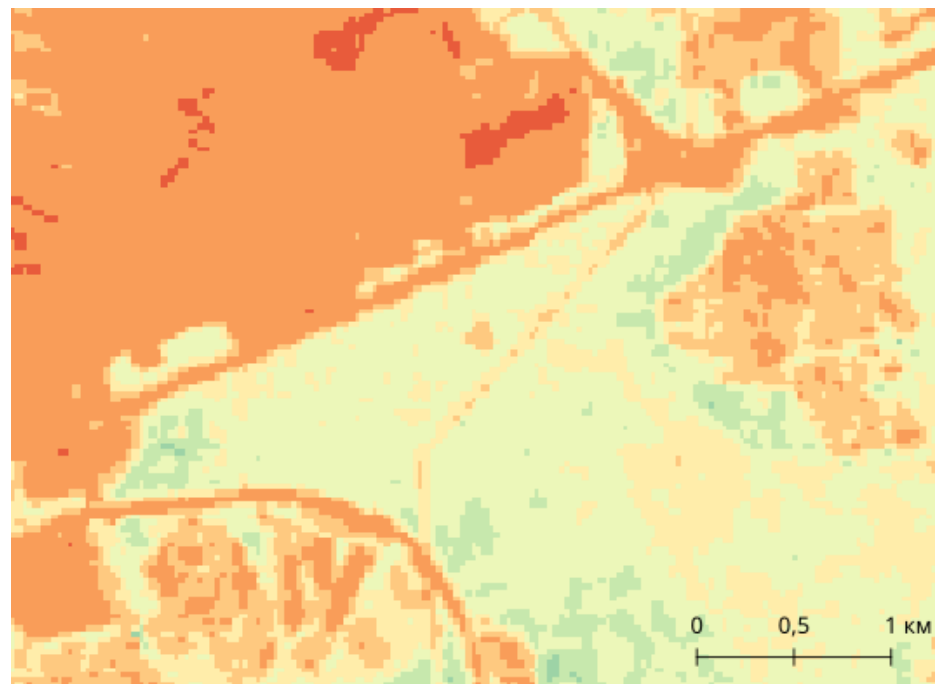
Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Июль 2021

Киевское ш., близ а/п Внуково



Киевское ш., к ЮВ от Селятино
Август 2022

Киевское ш., близ а/п Внуково



Основные результаты и выводы

- Подбор индексов для гиперспектральной космической съемки важен, но затруднителен из-за того, что большая часть индексов созданы для с.-х. культур и съемочных систем наземного или воздушного базирования, а также высокого уровня шума во многих каналах.
- Индексные изображения позволяют оценивать состояние растительного покрова. С помощью оценки подтверждена гипотеза: хвойные леса меньше страдают от засухи, чем лиственные. Особо сильно страдает травянистая растительность
- Высокое содержание антоцианов и каротиноидов является хорошим индикатором антропогенной нагрузки, погодные же изменения эти пигменты показывают значительно слабее
- Наиболее показательны LAI и содержание хлорофилла, они же позволяют рассчитать конкретные значения этих показателей, а не получить относительную оценку.
- Для уточнения используемых индексов и перехода от индексов к содержанию веществ (влаги, пигментов) требуются лабораторно-полевые данные.