Институт проблем нефти и газа РАН

Особенности пространственной высокочастотной фильтрации тепловых изображений ландшафтов тундровой зоны (на примере районов п-ова Ямал)

Корниенко С.Г.

XXIV международная конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
г. Москва, ИКИ РАН, 11.11.2026 г.

Актуальность

- **Тепловые (инфракрасные) изображения** земной поверхности, полученные по данным ДЗЗ несут уникальную информацию о состоянии криогенных ландшафтов, в т.ч. вблизи технических объектов, в первую очередь, о содержании влаги в поверхностном слое, однако **они применяются крайне редко** из-за неоднородного влияния колебаний температуры воздуха.

- Одним из решений проблемы может быть **пространственная высокочастотная фильтрация (ПВФ)** тепловых изображений, основанная на том, что размеры опасных локальных изменений температуры поверхности вблизи технических объектов **существенно меньше неоднородностей теплового поля**, обусловленных влиянием метеоусловий.

Цель исследований:

- **разработка и апробация критериев** для определения оптимальных параметров **ПВФ** тепловых изображений земной поверхности для характеристики и мониторинга состояния **локальных участков** криогенных ландшафтов тундровой зоны.

Исходные данные – снимки Landsat 7, 8, 9 с датами съемки:

- 14.07.2017; 22.07.2017; 23.07.2017 (район Марресаля);
- 05.08.2025; 07.08.2025; 12.08.2025 (район Бованенковского НГКМ).

Анализируемые параметры:

- радиационная температура поверхности **РТП**;
- вегетационный индекс **NDVI**;
- индекс **водной** поверхности **MNDWI**;
- температурно-вегетационный индекс **WI влажности почвы,** как производный от РТП.

Дополнительный метод обработки изображений:

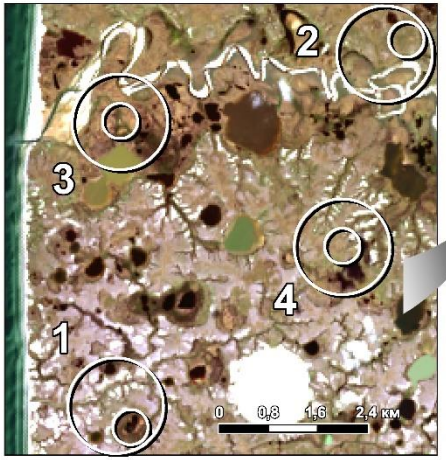
- относительная радиометрическая нормализация **(ОРН).**

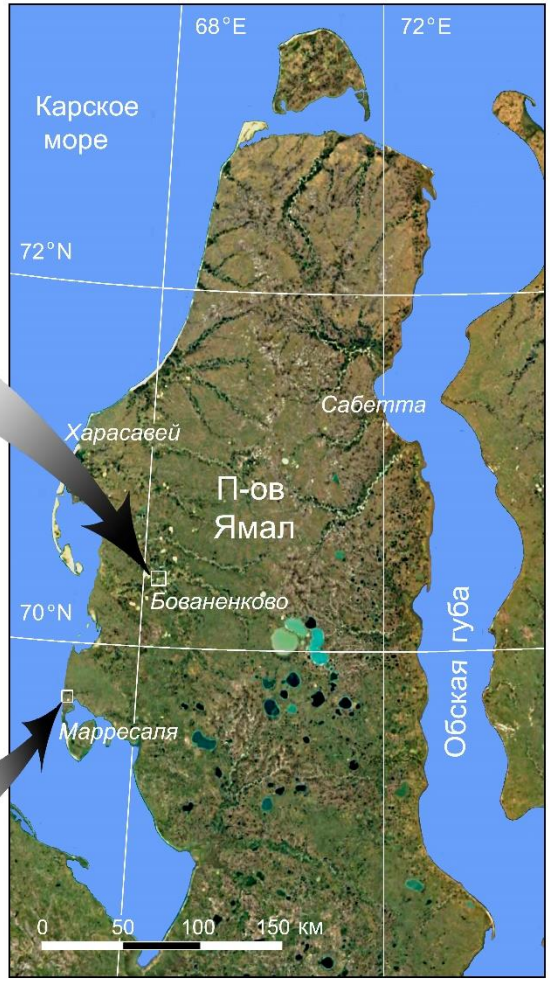
Районы и участки исследований на п-ове Ямал

Район Бованенковского НГКМ



Район Марресаля





Общая характеристика

- Подзона северных субарктических тундр;
- Сплошной растительный покров (мхи, лишайники, кустарнички, травы) 2-15 см;
- Сплошное распространение мерзлоты;
- Перепад высотных отметок 0 – 50 м.

Район на Бованенково - 8 х 9 км **(7200 Га)**

Район Марресаля – 6 х 7 км **(4200 Га)**

- За вычетом площади водоемов и антропогенных объектов площади анализируемых локальных участков колеблются **от 10 до 20 Га**, а их локального фона **от 60 до 100 Га**.

Критерии определения оптимальных размеров ячейки ПВФ

Подбор размеров (*R*) ячейки свёрточного высокочастотного **фильтра Гаусса** до:

– **минимизации отклонения (*d*)** разности средних значений РТП анализируемого участка и его локального фона до фильтрации (ΔT_0) и после фильтрации (ΔT_R).

$$d = |\Delta T_0 - \Delta T_R|$$

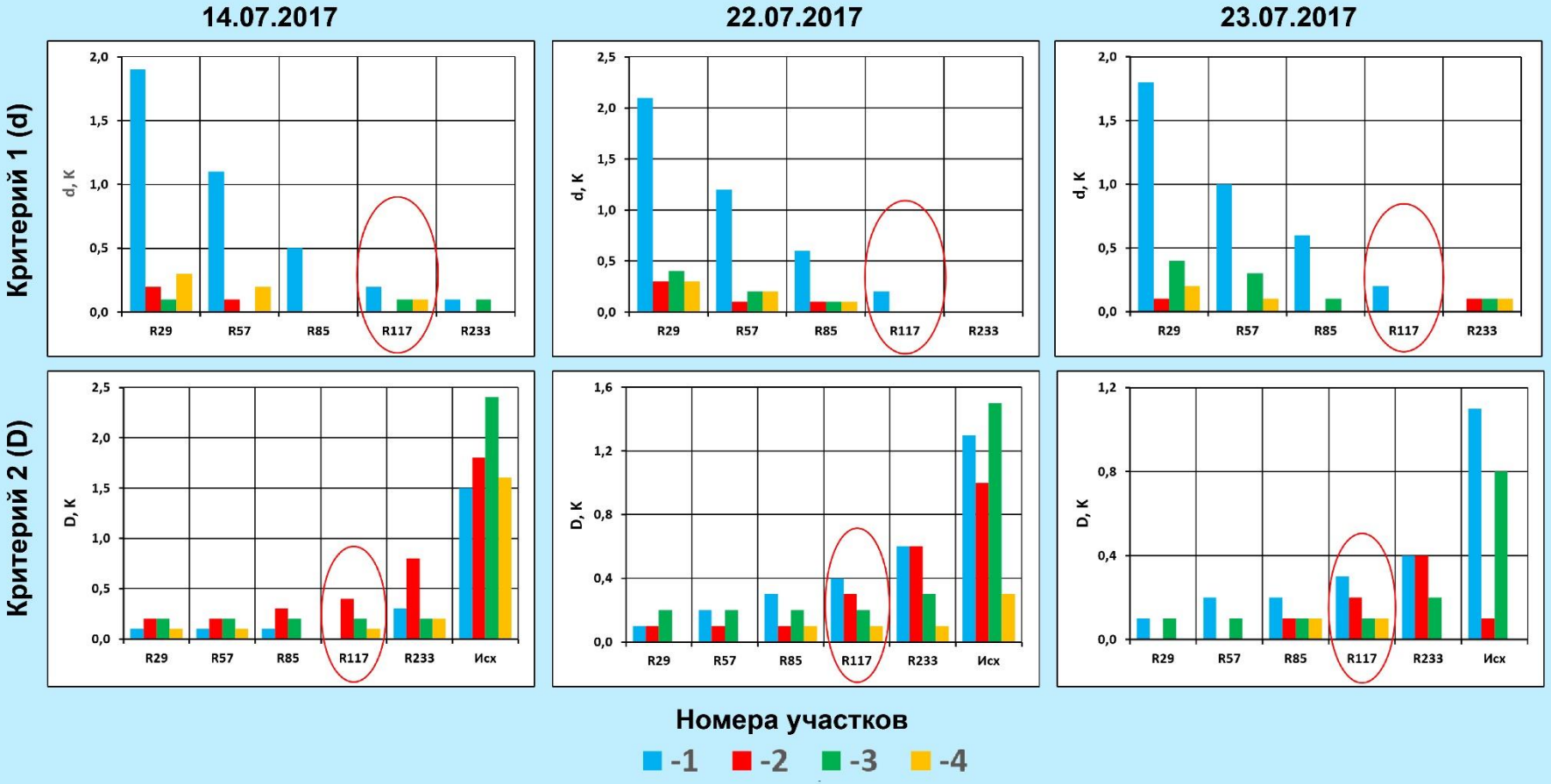
– **минимизация отклонения (*D*)** средних значений РТП локального фона $T_R(\text{лф})$ от значений РТП общего фона $T_R(\text{оф})$.

$$D = |T_R(\text{оф}) - T_R(\text{лф})|$$

Критерии применяются **только вместе** и в идеале значения *d* и *D* **не должны превышать** пороговой чувствительности радиометра по РТП (для Landsat – **0,4 К**) **.**

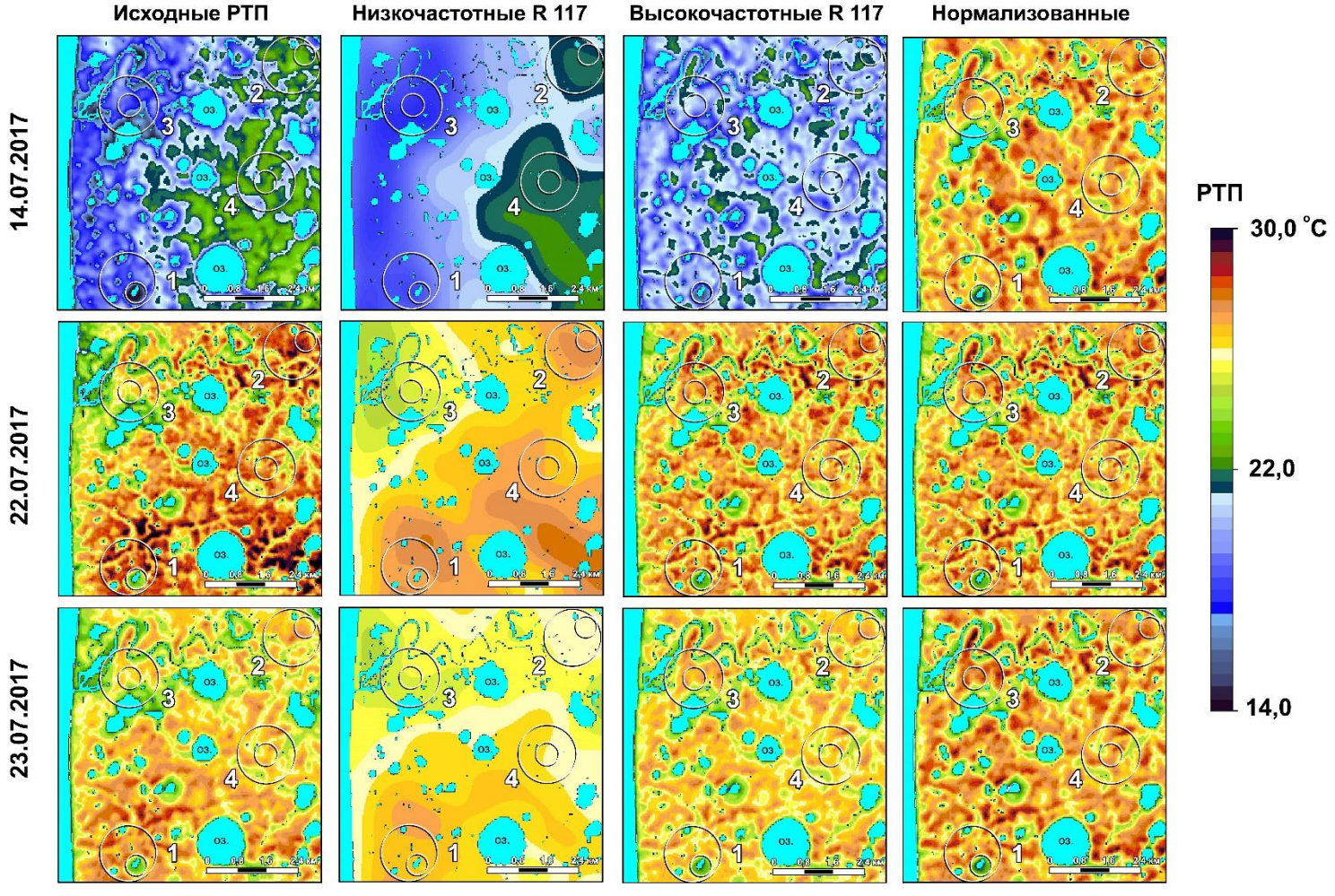
Рассматривались варианты ПВФ с размерами ячеек по обоим координатам
R = 29, 57, 85, 117, 233 пикселей.

Определение оптимального размера ячейки ПВФ по району Марресаля

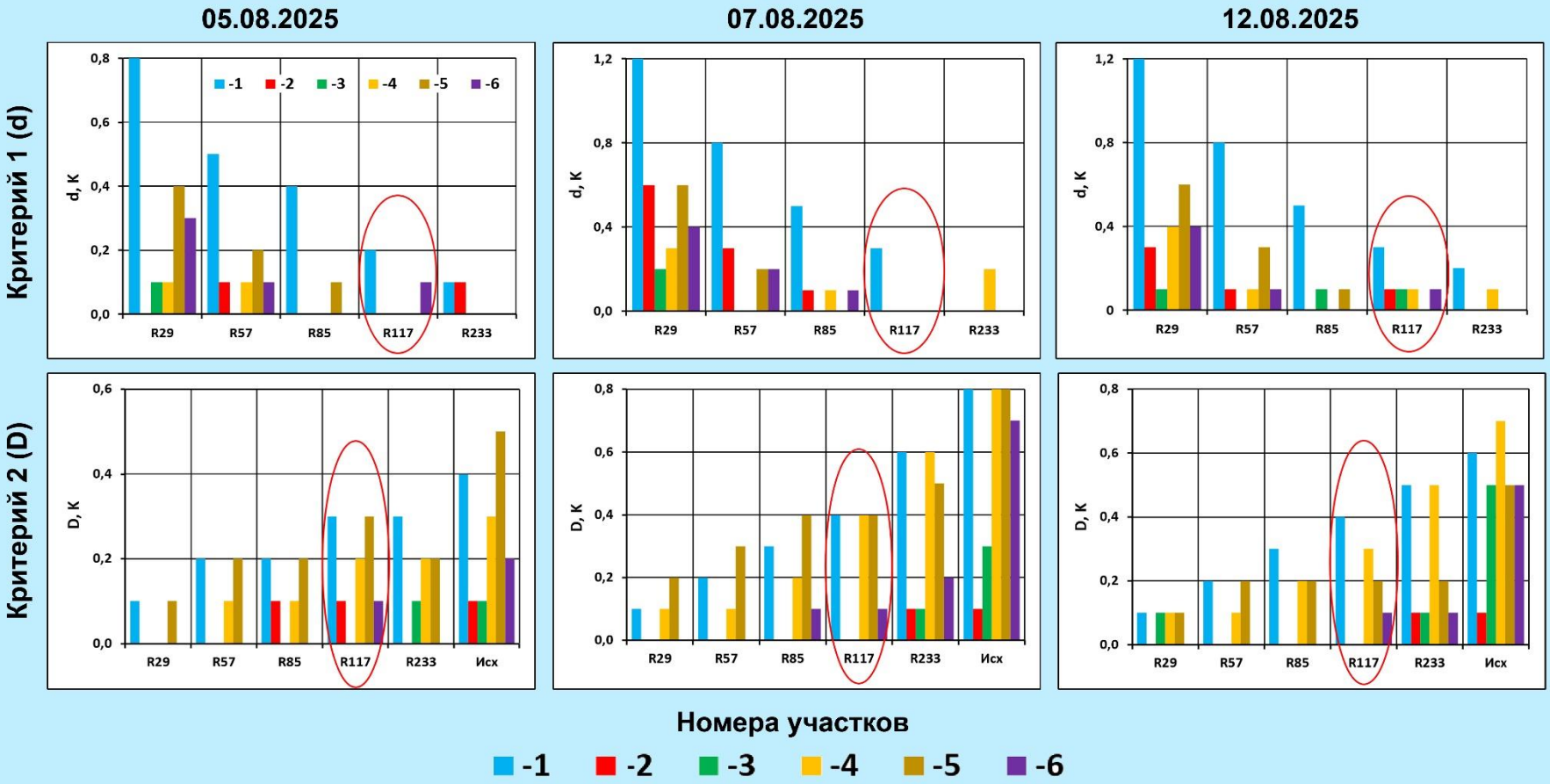


Минимальные значения d и D (< 0,4 K) достигаются при размерах ячейки ПВФ R = 117 px

Фильтрация и нормализация РТП в районе Марресаля

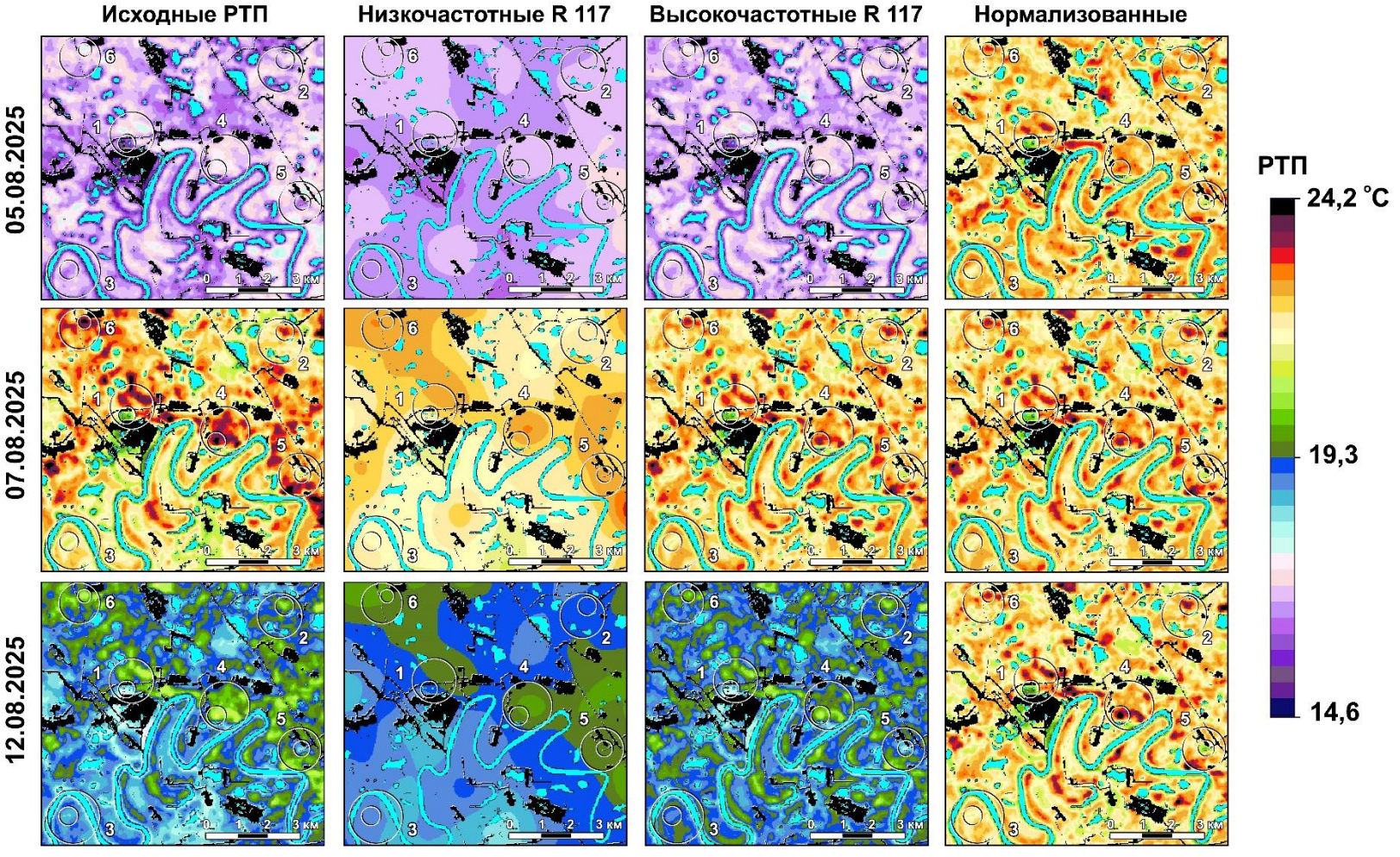


Определение оптимального размера ячейки ПВФ по району Бованенковского НГКМ



Минимальные значения d и D (< 0,4 К) достигаются при размерах ячейки ПВФ R = 117 рх

Фильтрация и нормализация РТП в районе Бованенковского НГКМ

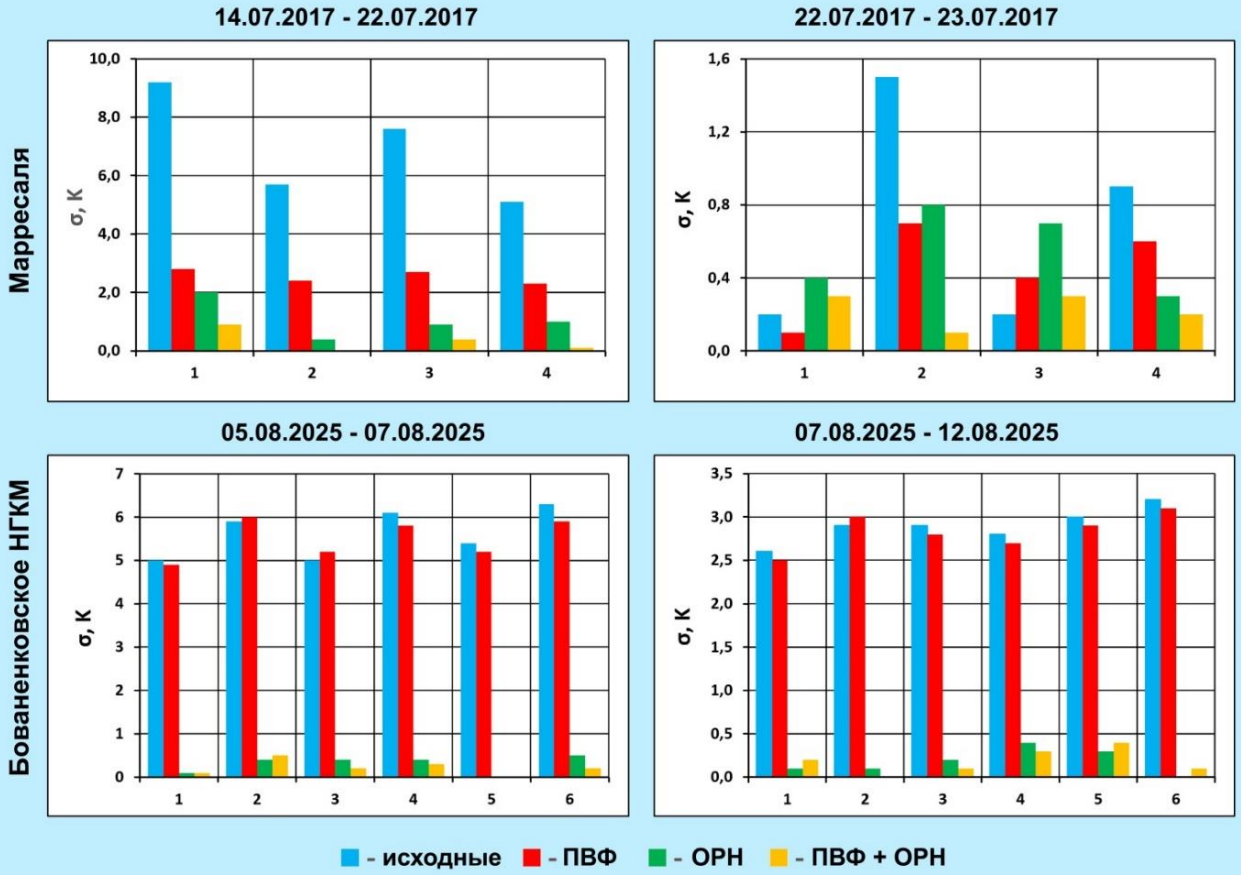


Тестирование результатов применения ПВФ (R 117) и ОРН

$$\sigma = |T_R(t1) - T_R(t2)|$$

t1 и ***t2*** – даты съемки;

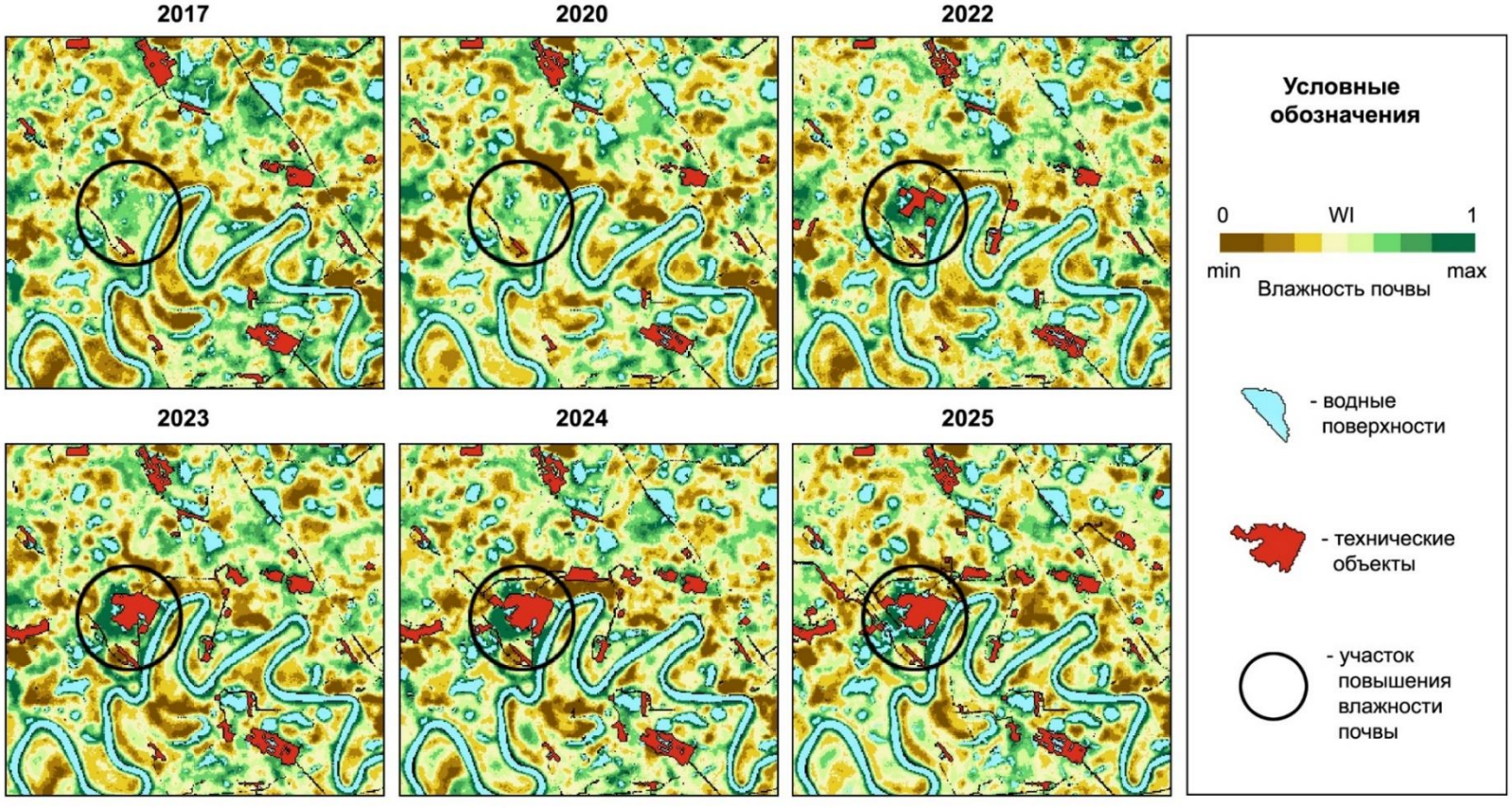
T_R - средняя РТП на локальном участке.



Наилучшие результаты (σ < 0,4 К) достигаются при комплексировании ПВФ и ОРН

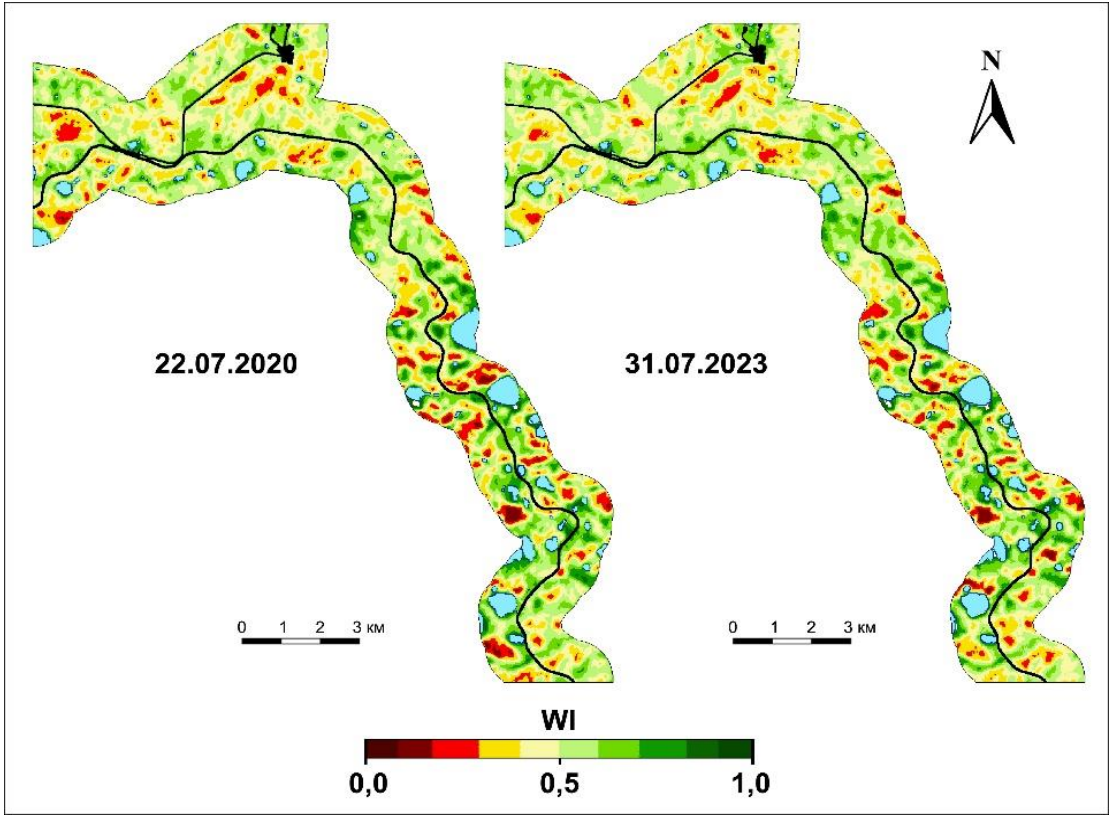
Картографирование влажности почвы (по индексу WI) в районе Бованенковского НГКМ

(Landsat 8; фильтрация РТП и нормализация WI)



Отмечается повышение влажности почвы на участке строительства крупного объекта, что является признаком деградации мерзлоты

Картографирование влажности почвы (по индексу WI) в полосе железной дороги
(Landsat 8; фильтрация РТП и нормализация WI)



Отмечается идентичный характер распределения индекса WI, что указывает на корректность обработки данных и достоверность полученных распределений

Выводы

1. На примере районов тундры по данным Landsat разработаны и апробированы критерии определения оптимальных параметров пространственной высокочастотной фильтрации (ПВФ) тепловых изображений, позволяющей **снизить влияние метеоусловий** и повысить достоверность картографирования и мониторинга температуры поверхности **на локальных участках**.

2. Оптимальный размер (R) ячейки ПВФ определяется в зависимости от размеров анализируемых локальных участков и, в данном случае превышал их по площади приблизительно **в 60 раз**.

3. Для картографирования и мониторинга температуры и влажности поверхности **локальных участков** тундровой зоны более эффективно **комплексное применение** методов ПВФ и относительной радиометрической нормализации.


Спасибо за внимание !