

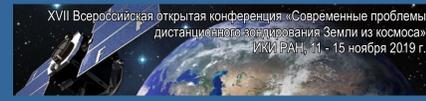
Географическая интерпретация временных изменений когерентности по радиолокационным данным Sentinel-1 (на примере острова Котельный)

Трошко К.А.^{1,2}, Балдина Е.А.³, Мартянов А.С.², Денисов П.В.²

¹Институт географии РАН, г. Москва, Россия (k.a.troshko@igras.ru)

²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал, г. Фрязино, Россия

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, г. Москва, Россия (baldina@geogr.msu.ru)

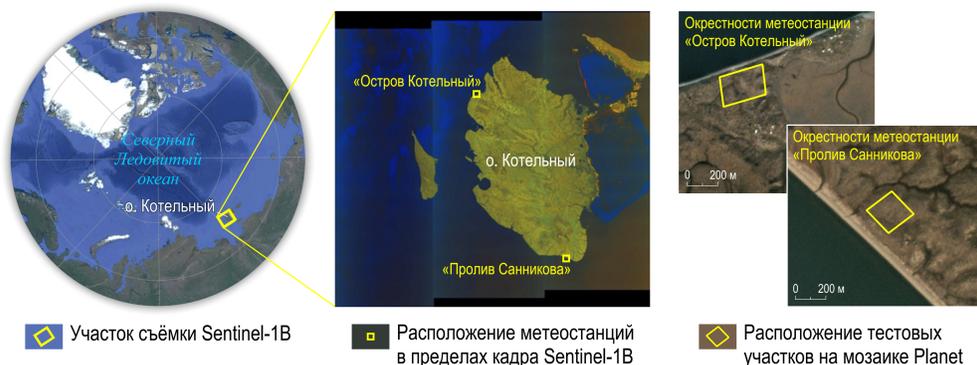


1. Введение

Когерентность – один из параметров, рассчитываемых в ходе интерферометрической обработки радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли. С одной стороны, он может быть использован для оценки качества формируемых интерферограмм, влияющего на точность результатов такой обработки – моделей рельефа и смещений поверхности: по мере снижения значений когерентности падает надёжность итоговых измерений. В связи с этим одним из важных вопросов при использовании технологии интерферометрии с повторяющихся орбит является выбор оптимальных сроков радиолокационных съёмок, обеспечивающих минимизацию влияния факторов, снижающих когерентность. С другой стороны, когерентность может быть использована для получения информации о самой зондируемой поверхности и её изменений: стабильная поверхность характеризуется высокими значениями когерентности, изменчивая, напротив, – низкими.

2. Район исследования

Исследование выполнено на примере двух участков арктического острова Котельный (архипелаг Новосибирские острова), расположенных в окрестностях метеорологических станций «Остров Котельный» и «Пролив Санникова» в пределах низменной равнины, покрытой тундровой растительностью.



3. Используемые данные

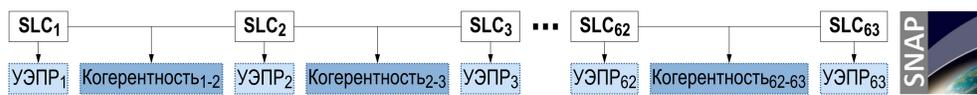
Данные спутниковой радиолокационной съёмки

Спутник	Sentinel-1B	Съёмочная система	C-band SAR
Даты и время съёмки	28.05.2017 – 11.06.2019 (63 срока), 21:45 UTC	Интервал между съёмками, сут.	12
Номер витка	3	Направление орбиты	Нисходящая
Режим съёмки	Interferometric Wide Swath (IW)	Поляризация	ВВ, ВГ
Угол падения излучения, °	39,1 - район метеостанции «Остров Котельный», 34,7 - «Пролив Санникова»	Размер пикселя (аз x дальн), м	2,3x13,8
Ширина кадра, км	250	Уровень обработки	SLC - single look complex

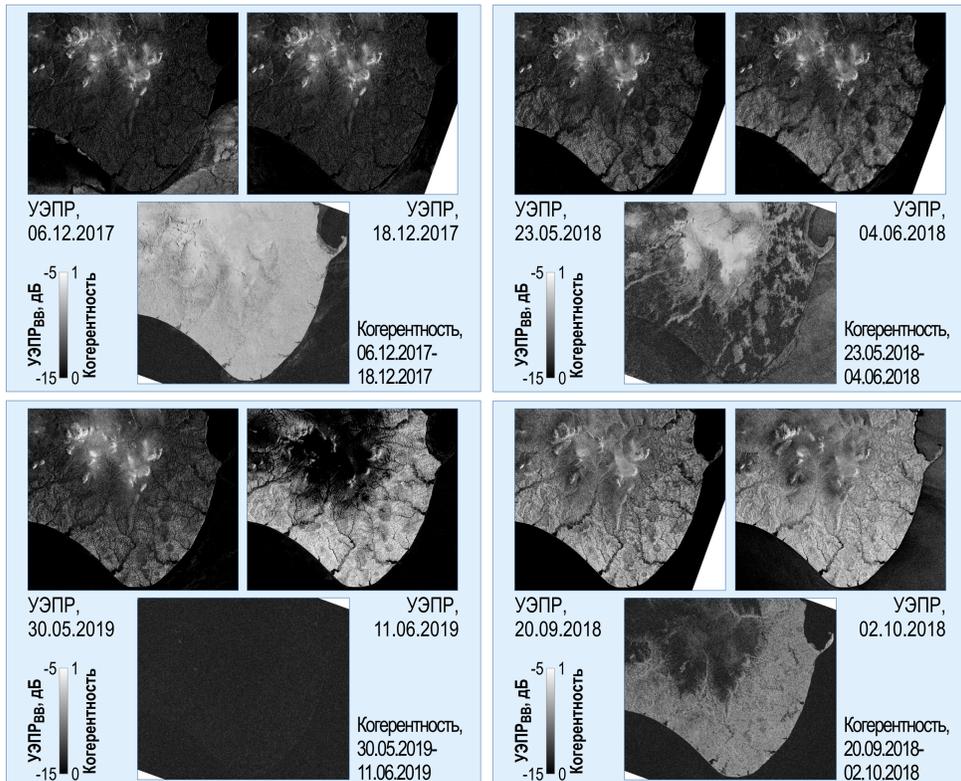
- Метеорологические данные (температура воздуха, количество осадков, высота снежного покрова, скорость и направление ветра) (<https://rp5.ru/>);
- Космические снимки в оптическом диапазоне Landsat-8, Sentinel-2.

4. Методы

Для каждого комплексного (SLC) радиолокационного изображения (РЛИ), полученного на согласованной вертикальной поляризации (ВВ), в программном комплексе SNAP рассчитаны значения УЭПР, а для каждой пары таких РЛИ, полученных с 12-суточным интервалом, – когерентности.



Примеры полученных изображений

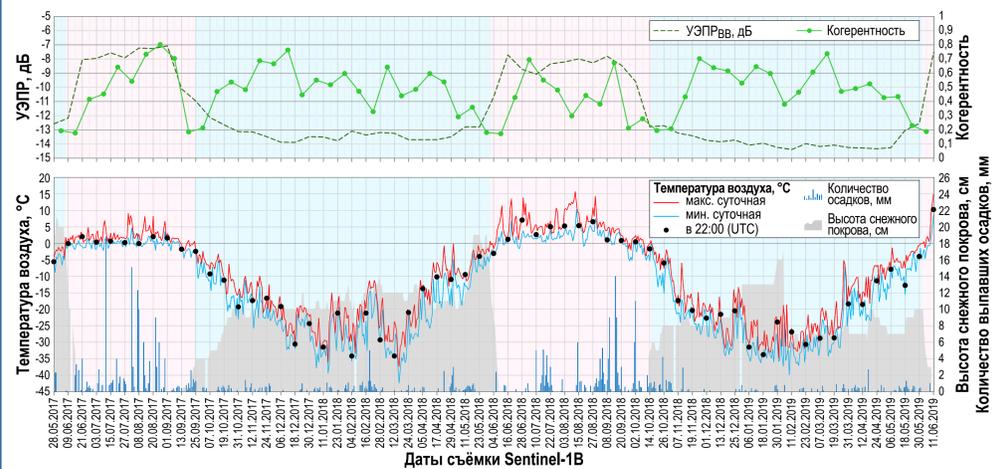


Для тестовых площадок, расположенных в окрестностях метеостанций, рассчитан и представлен в виде графиков временной ряд усреднённых значений УЭПР и когерентности. В виде графиков представлен также ход метеопараметров.

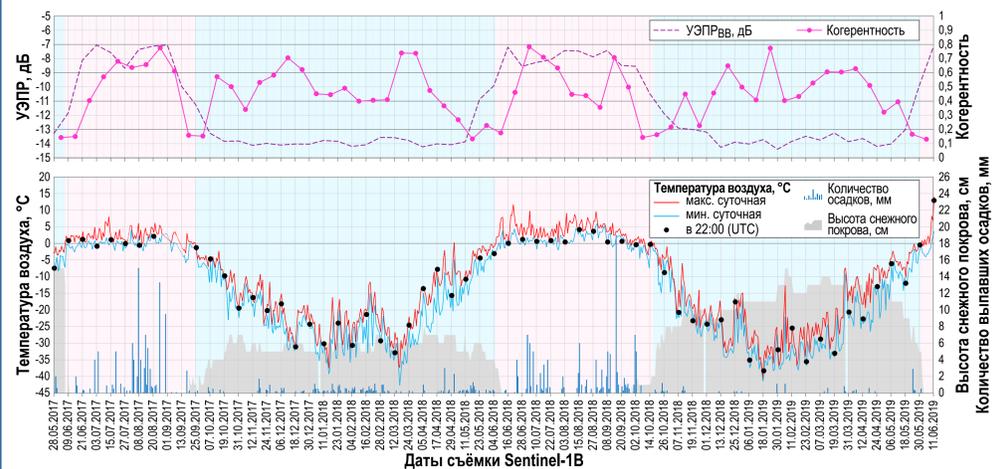
4. Результаты и обсуждение

В течение всего исследуемого периода когерентность на исследуемых участках варьировала в пределах 0,13...0,80. В течение холодного (с устойчивой отрицательной температурой воздуха, наличием устойчивого снежного покрова) и тёплого (преимущественно с положительной температурой воздуха, отсутствием устойчивого снежного покрова) периодов колебания когерентности находились в диапазоне 0,4 (реже – 0,3)...0,8. В переходный период (при переходе температуры воздуха через 0°С, формировании или сходе снежного покрова) наблюдалось резкое снижение когерентности до 0,2 и менее. По сравнению с когерентностью значения УЭПР подвержены меньшей изменчивости в течение холодного (варьирует в пределах 13... 14 дБ) и тёплого периодов (7... 9 дБ), резкие его изменения (до 5...7 дБ) наблюдаются только в переходный период.

Окрестности метеостанции «Остров Котельный»



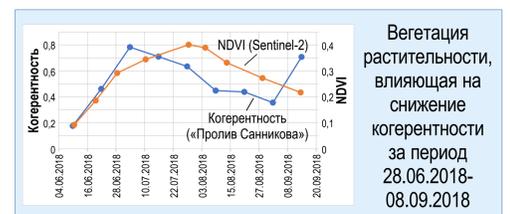
Окрестности метеостанции «Пролив Санникова»



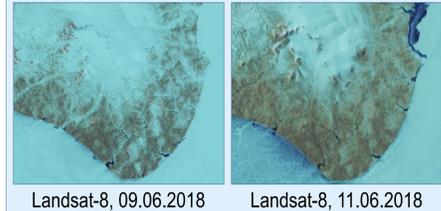
Совместный анализ данных показал, что на снижение когерентности в арктической тундре могут влиять:

- изменение поверхности из-за промерзания и протаивания сезонно-талого слоя;
- выпадение снега;
- изменение структуры снега;
- ветровой перенос снега;
- таяние снега;
- выпадение жидких осадков накануне съёмки;
- вегетация растительности,

что подтверждает литературные данные.



Таяние снега, влияющее на снижение когерентности за период между 04.06.2018 и 16.06.2018



Ветровой перенос снега, влияющий на снижение когерентности за период между 19.11.2018 и 01.12.2018



6. Заключение

Сопоставление информации показало, что:

- в зоне арктической тундры когерентность характеризуется большей временной изменчивостью, чем УЭПР, т.е. более чувствительна к происходящим изменениям;
- изображение когерентности, полученное между двумя съёмками, имеет рисунок, отличный от рисунка, наблюдающегося на амплитудном изображении, что может быть использовано в качестве дополнительного признака при дешифрировании границ объектов и их свойств;
- значения когерентности определяются одновременно большим числом факторов, оценка влияния которых требует привлечения дополнительных источников информации, особенно метеорологической

7. Благодарности

Работа выполнена в рамках темы Госзадания № АААА-А19-119022190168-8 и при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-07-00816 и № 18-05-60221).

8. Литература

1. Захарова Л.Н., Захаров А.И. Наблюдение динамики зоны оползня на реке Бурея по данным интерферометрической съёмки Sentinel-1 в 2017–2018 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т.16. №2. С.273–277.
2. Andra Baduge A.W., Henschel M.D., Hobbs S., Buehler S.A., Ekman J., Lehrbass B., Seasonal variation of coherence in SAR interferograms in Kiruna, Northern Sweden, *International Journal of Remote Sensing*, 2016, Vol.37, No.2, pp. 370–387.
3. Antonova S., Kääh A., Heim B., Langer M., Boike J., Spatio-temporal variability of X-band radar backscatter and coherence over the Lena River Delta, Siberia, *Remote Sensing of Environment*, 2016, Vol.182, pp.169–191.
4. Zhang Z., Wang C., Zhang H., Tang Y., Liu X., Analysis of Permafrost Region Coherence Variation in the Qinghai-Tibet Plateau with a High-Resolution TerraSAR-X Image, *Remote Sens.*, 2018, 10, 298, 18 p.