

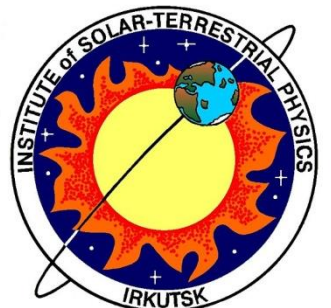
Влияние изменения мощности спутниковых сигналов на стабильность функционирования ГНСС в периоды солнечных радиовспышек

Ясюкевич А.С.⁽¹⁾, Ясюкевич Ю.В.⁽¹⁾, Сыроватский С.В.^(1,2), Астафьева Э.И.⁽³⁾

(1) Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

(2) МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

(3) Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France



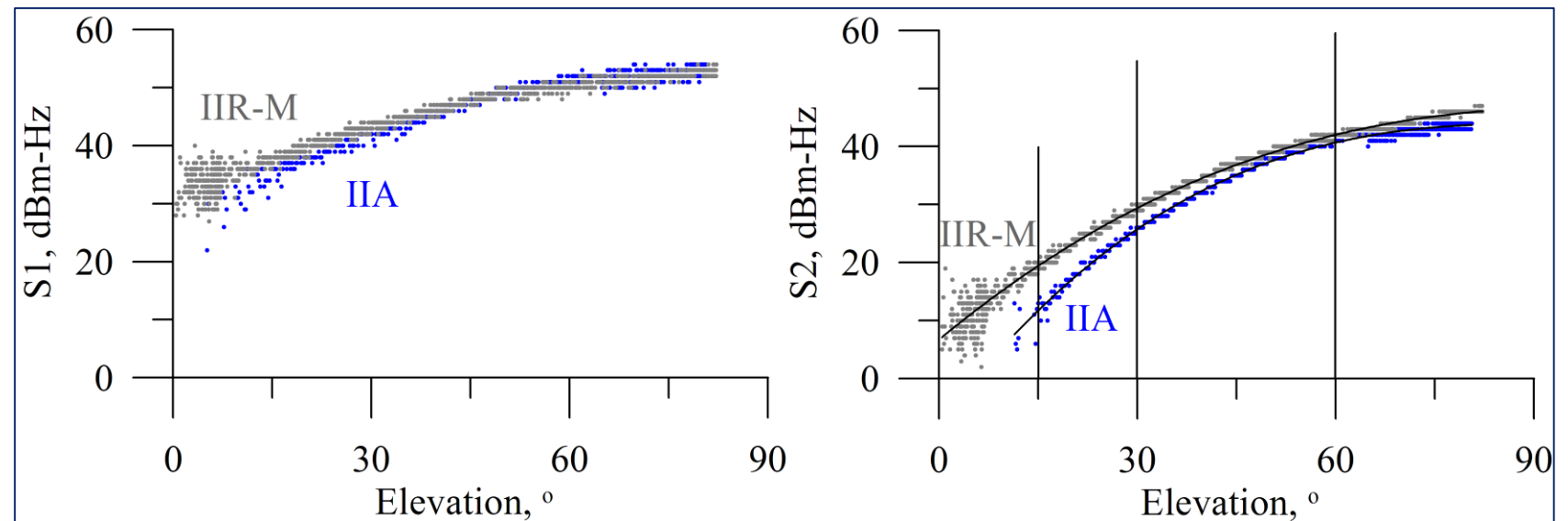
- Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) в настоящее время широко используются. Поэтому требования к стабильности функционирования ГНСС постоянно возрастают.
- Точность и стабильность данных систем, помимо прочего, зависит от состояния среды распространения радиосигнала, т.е. ионосферы.
- Под прямым воздействием солнечного мощного радиоизлучения происходит снижение отношения сигнал/шум на 10-30 Дб на выходе антенны навигационного приемника (Carrano et al., 2007).
- Поэтому, активно проводится модернизация систем ГНСС, направленная на повышение их помехоустойчивости, включая, в частности, постепенную замену спутников на аппараты нового поколения и повышение мощности спутникового сигнала.
- В настоящей работе мы анализируем, как изменение мощности сигналов спутников на рабочих частотах ГНСС повлияло на характеристики принимаемого навигационного сигнала в возмущенных гелио-геофизических условиях, а именно в периоды солнечных радиовспышек.

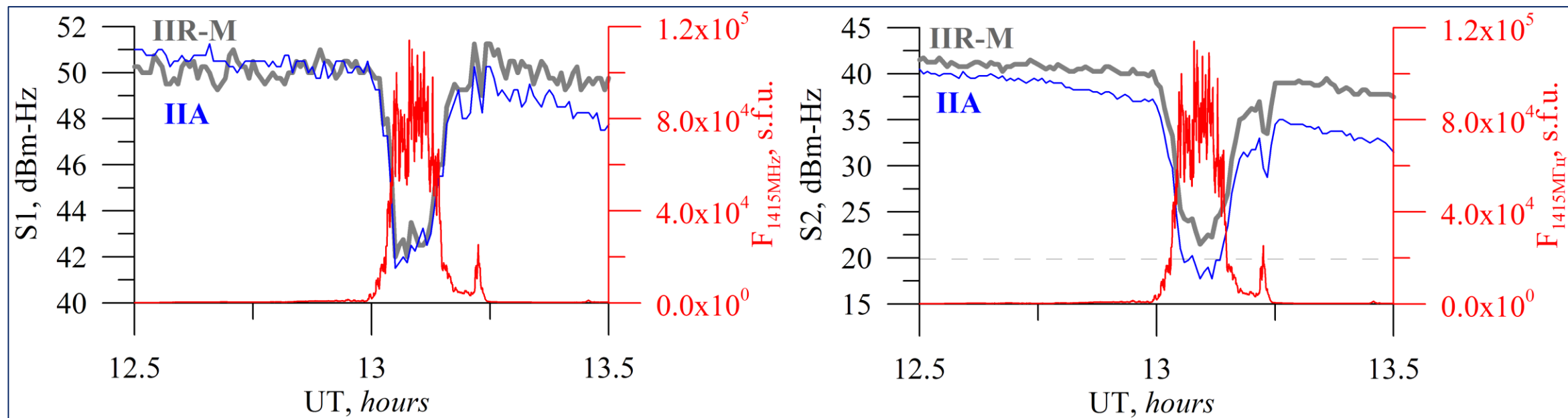
Изменение мощности сигнала на новых спутниковых блоках GPS

Минимальная мощность сигнала, принимаемого наземным приемником [IS-GPS-200J, 2018]

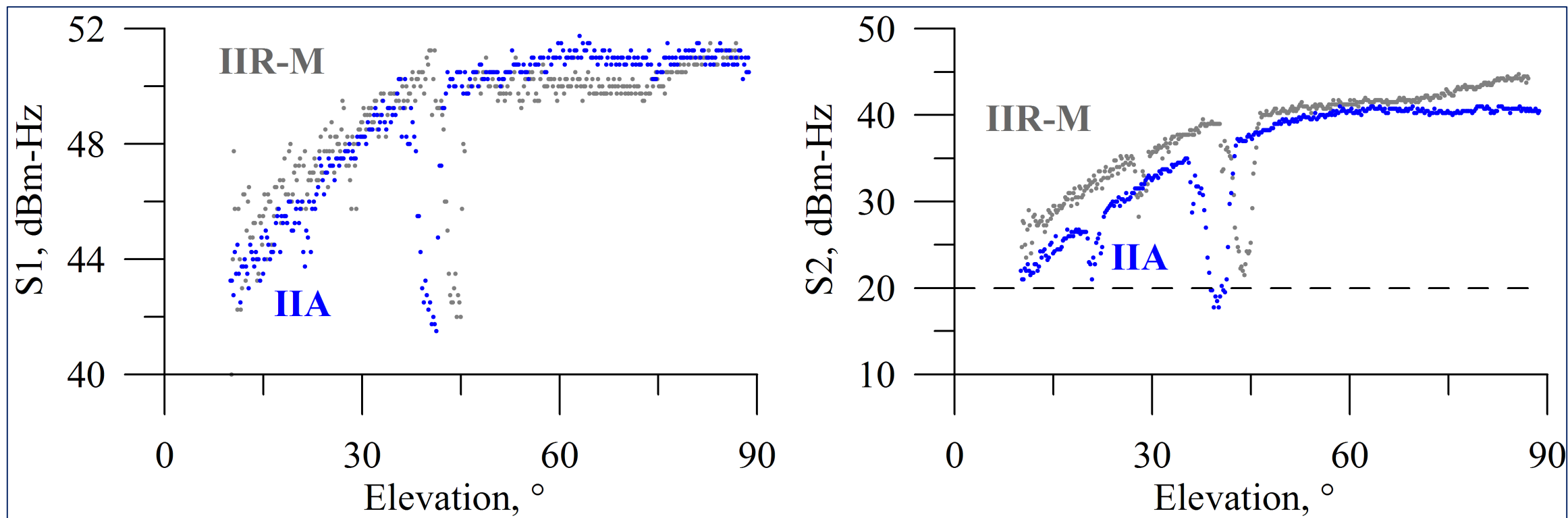
GPS Блок	Частота	Сигнал	
		P(Y)	C/A or L2 C
IIA/IIR	L1	-161.5 dBW	-158.5 dBW
	L2	-164.5 dBW	-164.5 dBW
IIR-M/IIF	L1	-161.5 dBW	-158.5 dBW
	L2	-161.5 dBW	-160.0 dBW
III	L1	-161.5 dBW	-158.5 dBW
	L2	-161.5 dBW	-158.5 dBW

Изменение мощности принимаемого сигнала на частотах L1 (слева) и L2 (справа) GPS PRN05 на станции ZIMJ

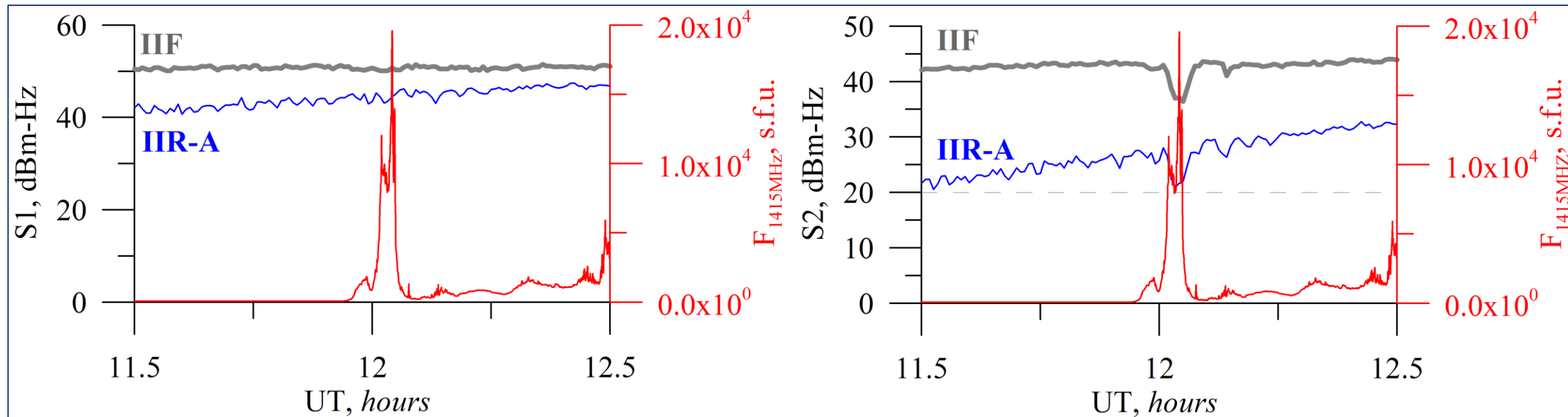




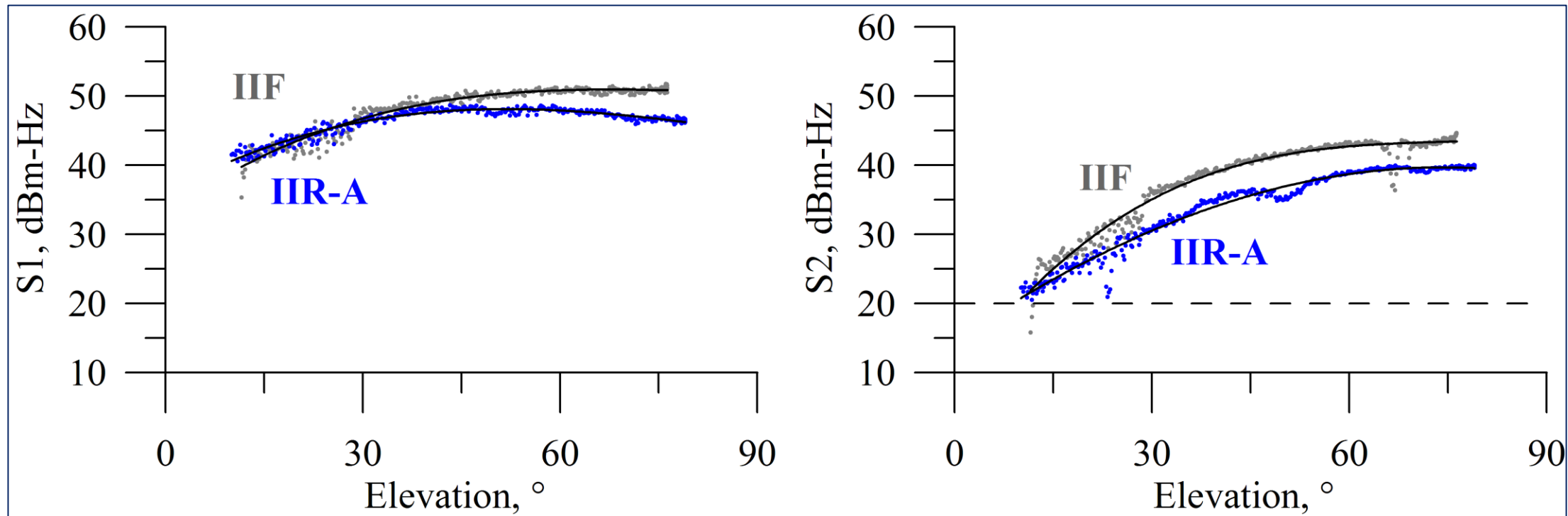
Динамика и мощности принимаемого сигнала GPS (станция WTZS) на частотах L1 (слева) и L2 (справа) для двух спутников: серая кривая – данные спутника PRN29 (блок **IIR-M**), синяя кривая - спутник PRN30 (блок **IIA**). Красным показана динамика солнечного радиоизлучения на частоте 1415 МГц по данным радиоспектрографа Sagamore Hill во время радиовспышки 24 сентября 2011г.



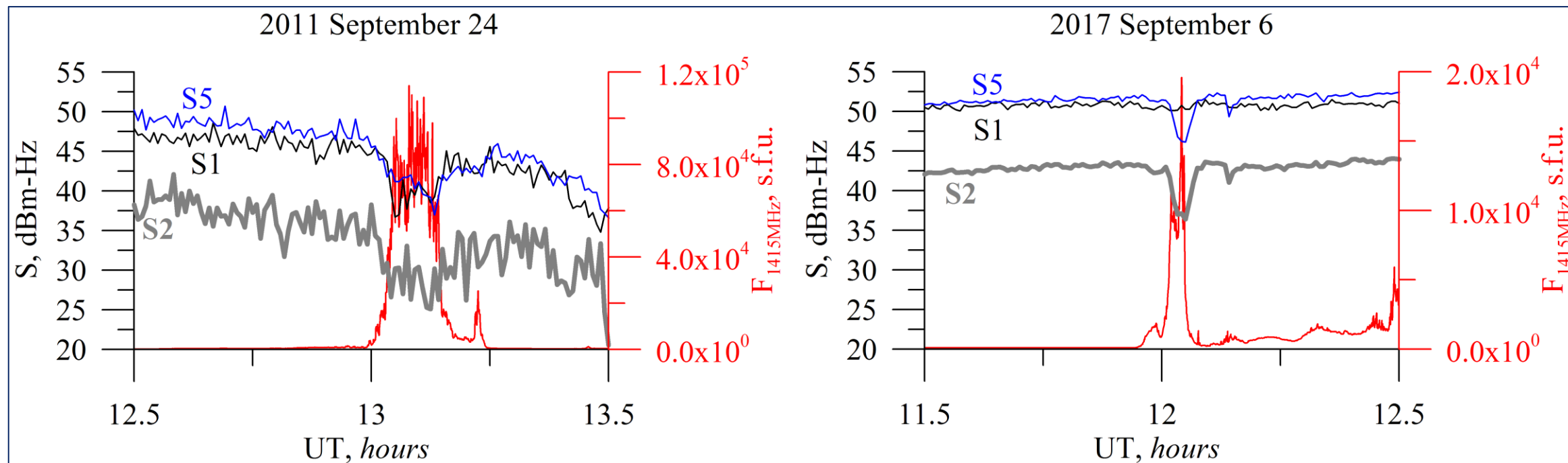
Динамика мощности принимаемого сигнала GPS станцией WTZS на частоте L1 (слева) и L2 (справа) во время радиовспышки 24 сентября 2011г. Серые точки – для спутника PRN29 (блок IIR-M), черные точки – для спутника PRN30 (блок IIA).



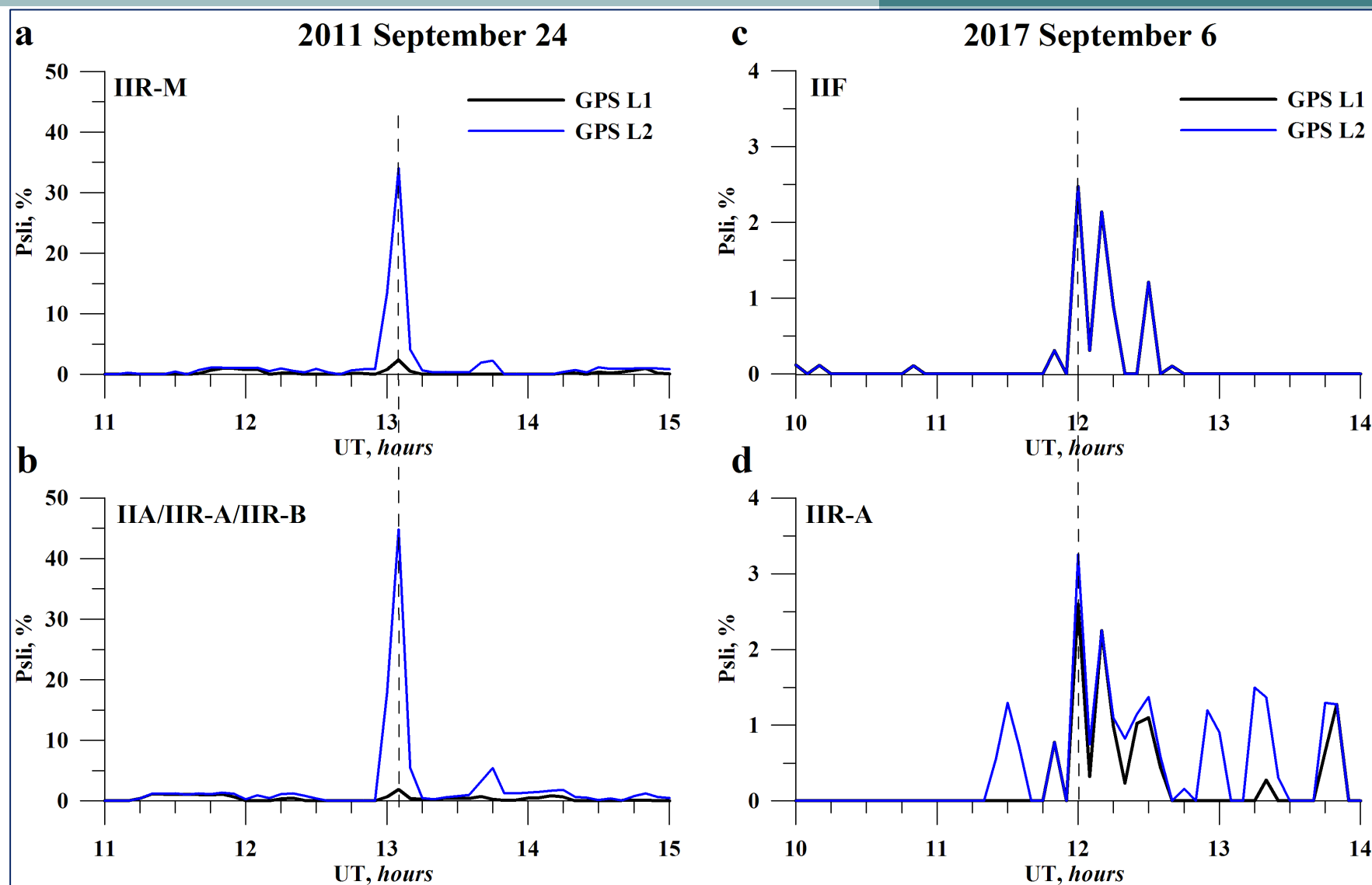
Динамика мощности принимаемого сигнала GPS станцией WTZS на частотах L1 (слева) и L2 (справа) для двух спутников: серая кривая – для спутника PRN08 (блок IIF), синяя кривая - для спутника PRN11 (блок IIR-A). Красным показаны изменения солнечного радиоизлучения на частоте 1415 МГц по данным радиоспектрографа SanVito (красная кривая) во время радиовспышки 6 сентября 2017 г.



Динамика мощности принимаемого сигнала GPS станцией WTZS на частотах L1 (слева) и L2 (справа) во время радиовспышки 6 сентября 2017 г. Серые точки – для спутника PRN08 (блок **IIF**), черные точки - для спутника PRN11 (блок **IIR-A**).



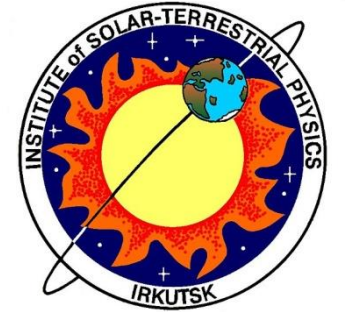
Динамика мощности сигнала GPS на частотах **L1** (черная кривая), **L2** (серая кривая), **L5** (синяя кривая), а также мощности солнечного радиоизлучения (красная кривая) для солнечных вспышек 24 сентября 2011 г. (левая панель) и 6 сентября 2017 г. (правая панель). Блок GPS ИФ.



Средняя плотность сбоев сопровождения сигнала на частотах **L1** (черная кривая) и **L2** (синяя кривая) в подсолнечной области для вспышек 24 сентября 2011 г. (слева) и 6 сентября 2017 г. (справа) для спутников нового (вверху) и старого (внизу) поколений.

- При смене блоков GPS на более современные регистрируется **повышение мощности сигнала на вспомогательной частоте GPS L2** в приемной аппаратуре.
- Во время вспышек регистрируется снижение мощности навигационного сигнала на вспомогательных частотах L2 и L5.
- Сигнал на вспомогательной частоте L2 характеризуется наименьшей общей мощностью и, в этой связи, наихудшей стабильностью. В максимуме радиовспышек мощность принимаемого сигнала L2 для спутников старого поколения **опускалась ниже порогового значения**.
- Понижение мощности сигнала L2 для более современных блоков было сопоставимым по амплитуде, однако минимальные значения принимаемой мощности сигнала L2 были **на ~5 dBm-Hz выше**.
- Средняя плотность сбоев сопровождения сигнала на частоте L2 на спутниках нового поколения ниже, чем на менее современных. В период экстремальной вспышки разница составила **~10 %**. Для опасной радиовспышки разница менее существенна (менее **1 %**).
- Относительная разница в значениях плотности сбоев на частоте L2 между спутниками нового и старого поколений составила около **25 %** в обоих случаях.
- Таким образом, повышение мощности излучаемого сигнала на спутниках нового поколения **позволило повысить устойчивость системы** относительно угроз как опасных, так и экстремальных солнечных радиовспышек.

Семнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»



Спасибо за внимание!

annpol@iszf.irk.ru

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-3265.2019.5.