

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.Е. Карамзина, А.А. Лагутин, Е.Ю. Мордвин
Алтайский государственный университет

АКТУАЛЬНОСТЬ

- 1** Своевременная оценка урожайности - один из ключевых факторов, определяющих эффективность принятия административных решений в сфере поддержки и развития АПК, особенно на Юге Западной Сибири - одном из основных зерновых районов страны.
- 2** Мониторинг сельскохозяйственных культур и прогнозирование их урожайности с использованием данных дистанционного зондирования Земли является неотъемлемой частью перехода к точному земледелию.

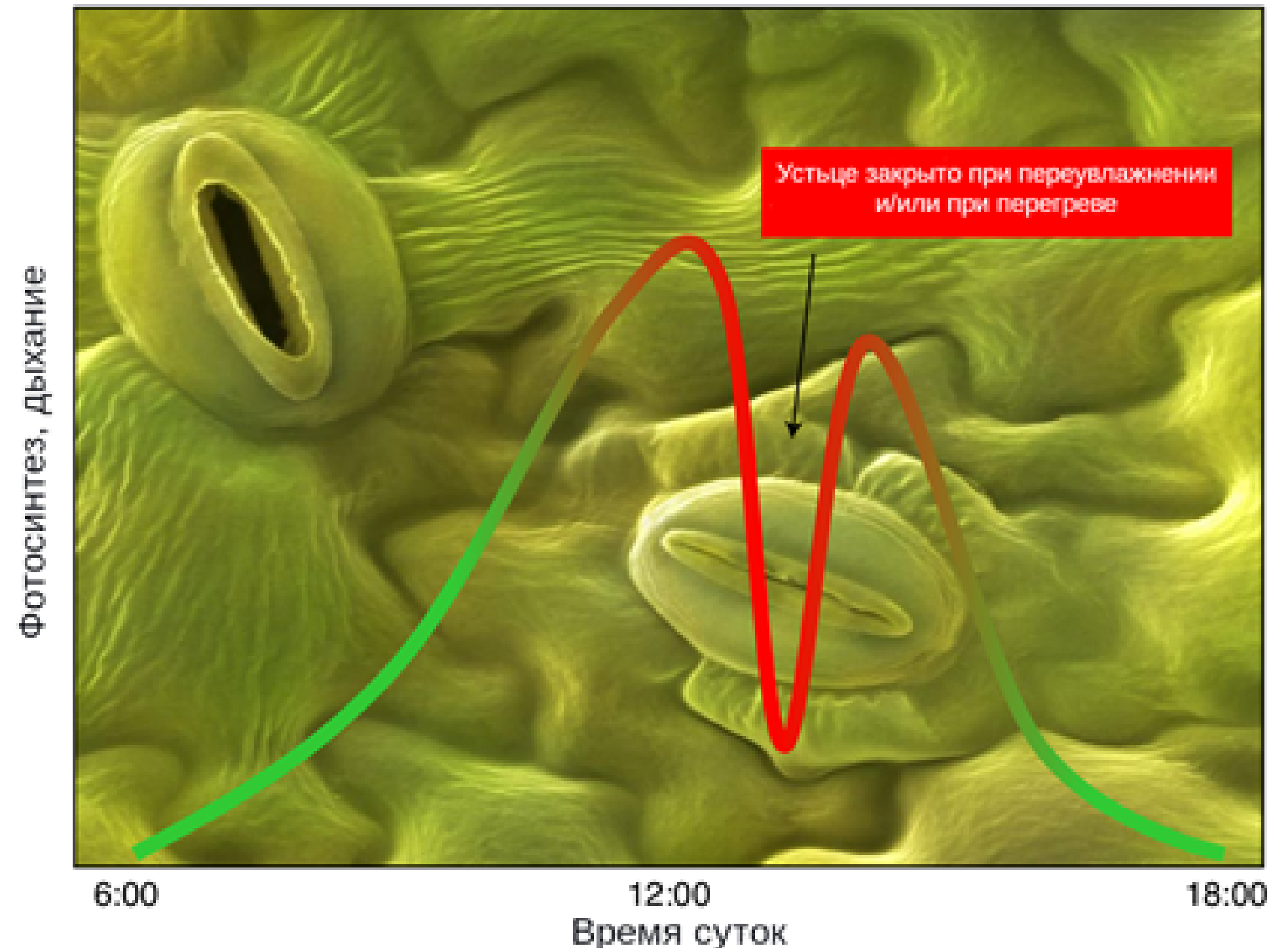
ЦЕЛЬ

Разработка алгоритма прогнозирования урожайности яровых культур на юге Западной Сибири, по потокам флуоресцентного излучения, регистрируемых прибором TROPOMI спутника Sentinel-5 Precursor

ИЗМЕНЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА И ТРАНСПИРАЦИИ РАСТЕНИЙ В ТЕЧЕНИЕ СВЕТОВОГО ДНЯ

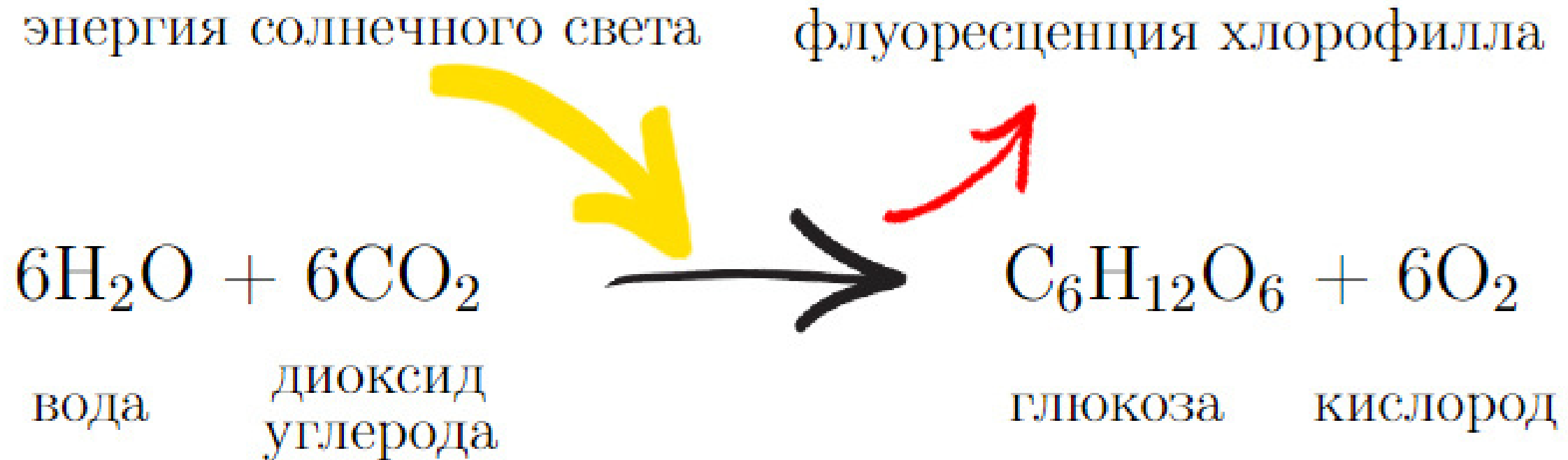
Атмосферный углекислый газ попадает в растение через устьица – поры на листьях, которые регулируют интенсивность обмена с окружающей средой путем открытия устьичной щели.

Интенсивность фотосинтеза и транспирации (дыхание) растений изменяется в течение дня.



По данным статьи Xiao, J., Fisher, J.B., Hashimoto, H. et al.
Emerging satellite observations for diurnal cycling of ecosystem
processes// Nat. Plant. –2021. – no.7 – С. 877–887

ОБЩАЯ РЕАКЦИЯ ФОТОСИНТЕЗА



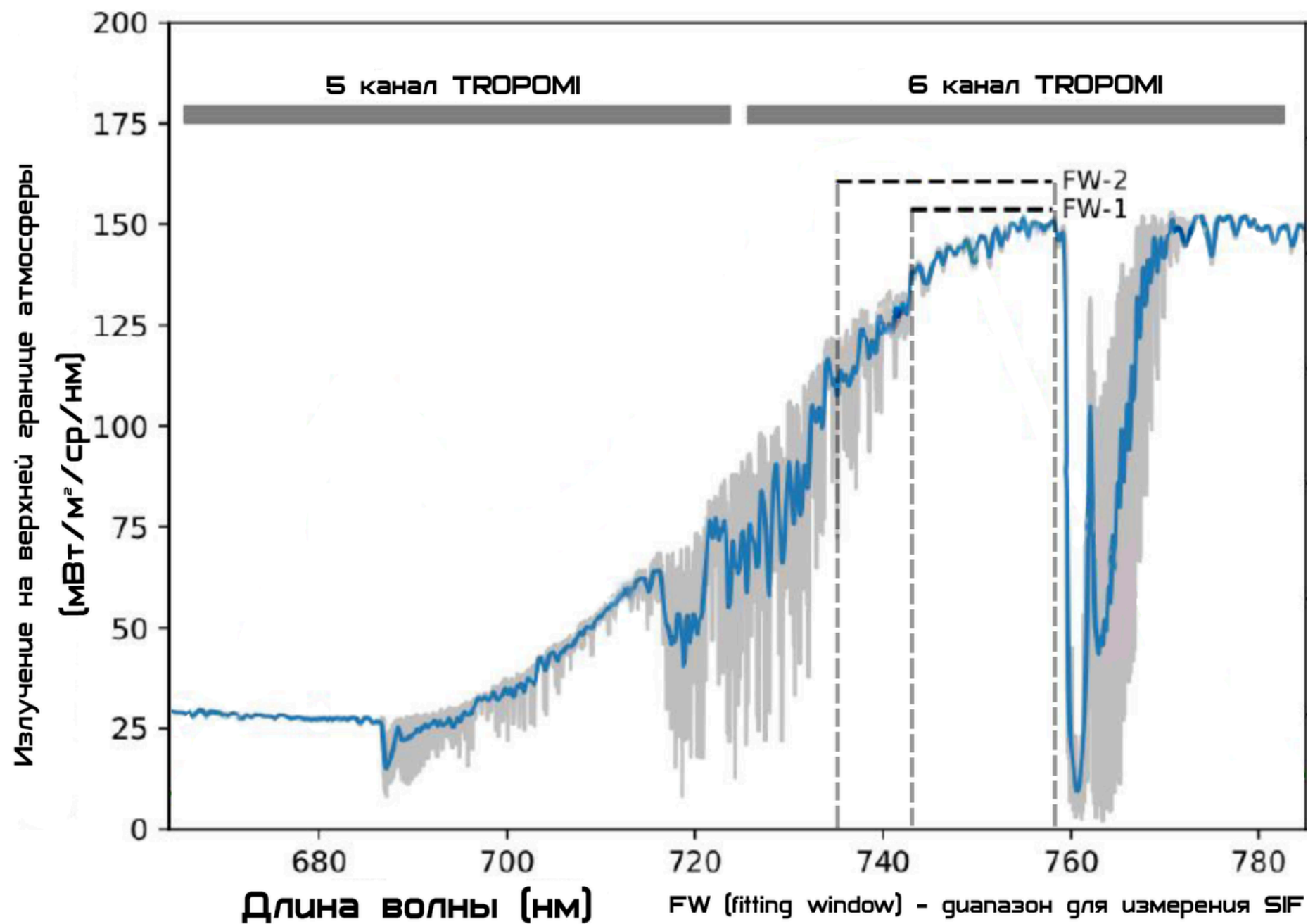
Во время светозависимой фазы молекула хлорофилла переходит во второе возбужденное состояние и происходит диссоциация молекулы воды на ион водорода H^+ и свободный радикал OH , с образованием свободного электрона. После чего молекула хлорофилла переходит в первое возбужденное состояние с испусканием фотона, который является флуоресценцией хлорофилла индуцированной солнечным светом.

ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ SIF

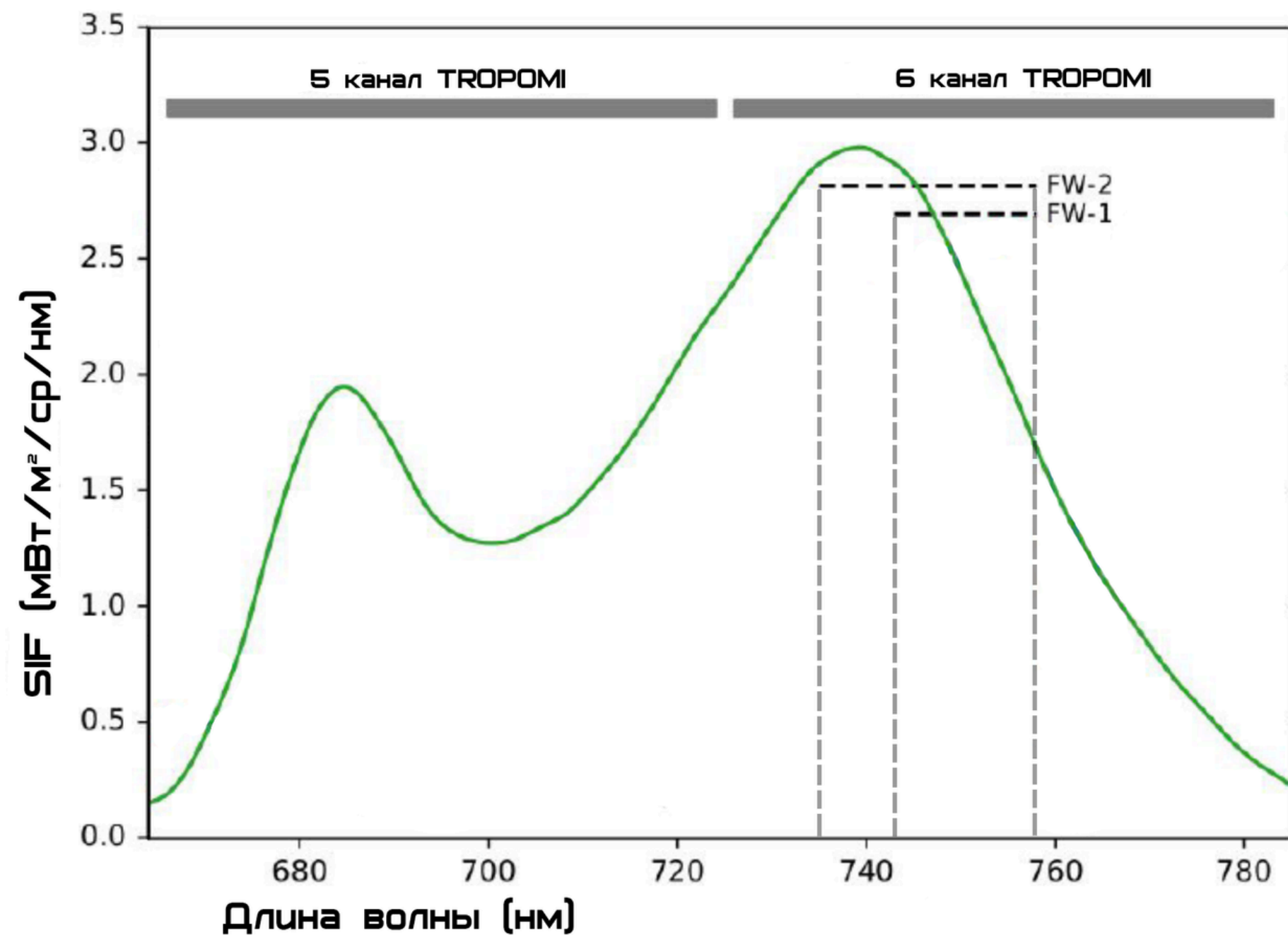
- FTS-2/GOSAT2 (Fourier Transform Spectrometer / Greenhouse Gases Observing Satellite)
- ACGS/TanSat (Atmospheric Carbon-dioxide Grating Spectroradiometer / Carbon Dioxide Observation Satellite, также известный как CarbonSat),
- OCO-2 и OCO-3 (Orbiting Carbon Observatory)
- TROPOMI/Sentinel-5 Precursor (TROPOspheric Monitoring Instrument)

Радиометр TROPOMI/S5P: измерение уходящего из атмосферы Земли излучения в ультрафиолетовом (UV), видимом (VIS), ближнем (NIR) и среднем ИК-диапазонах (SWIR).

ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНЕ 680-780 НМ ПО ДАННЫМ TROPOMI

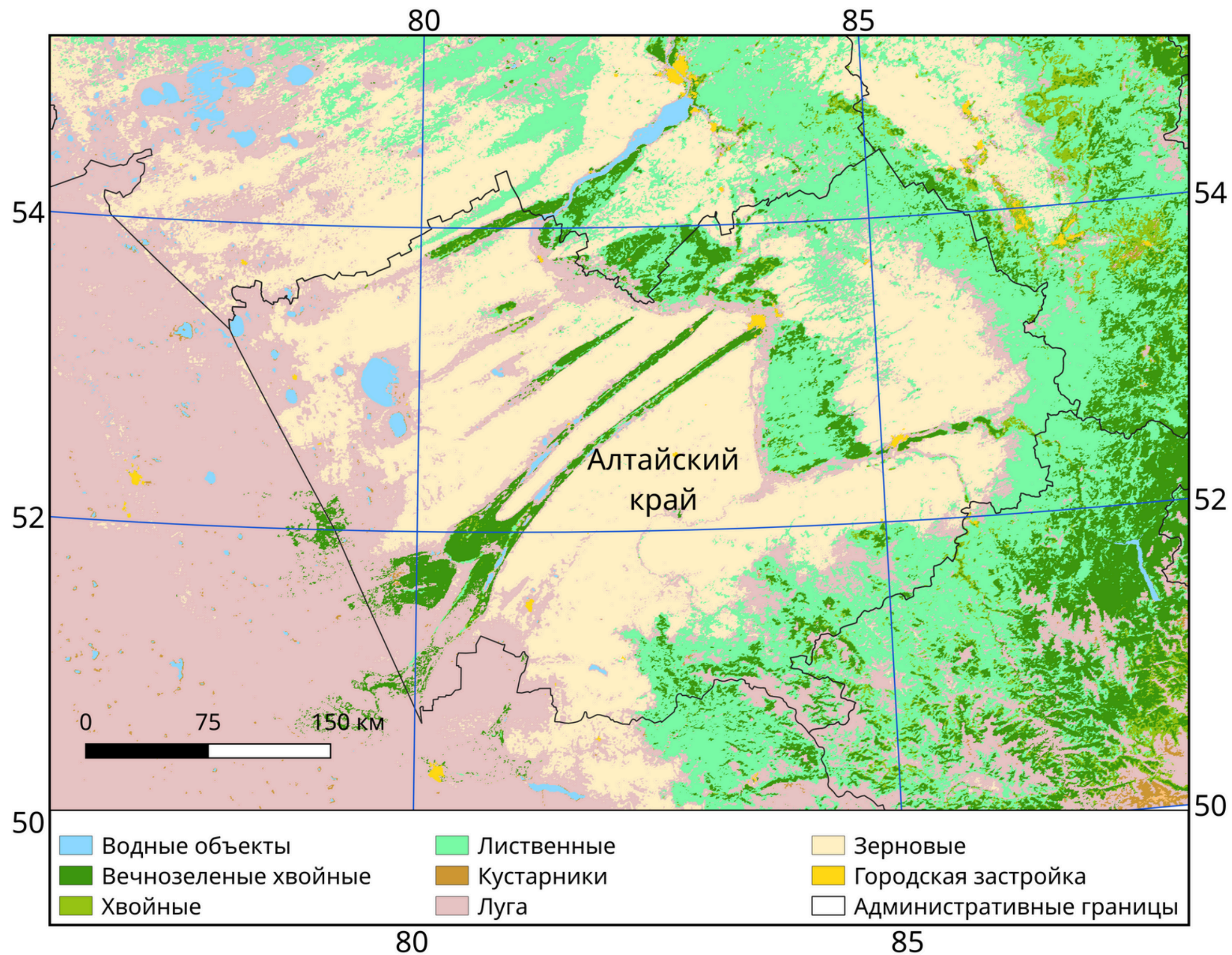


ИНТЕНСИВНОСТЬ SIF ПО ДАННЫМ TROPOMI

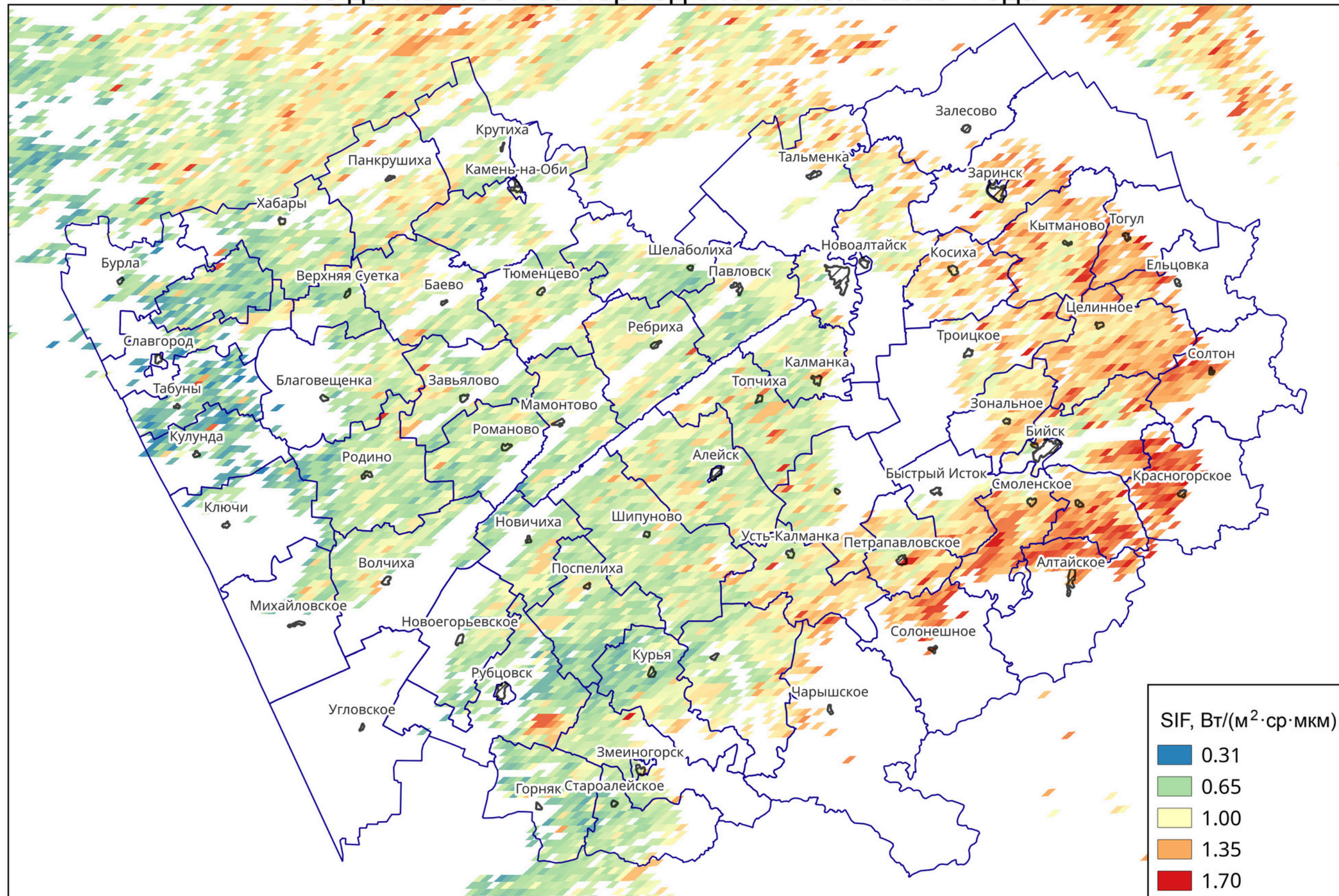


По данным статьи Guanter L. et al. TROPOSIF: global sun-induced fluorescence from the Sentinel-5P TROPOMI mission
// Earth Syst. Sci. Data, 13, 5423–5440, 2021

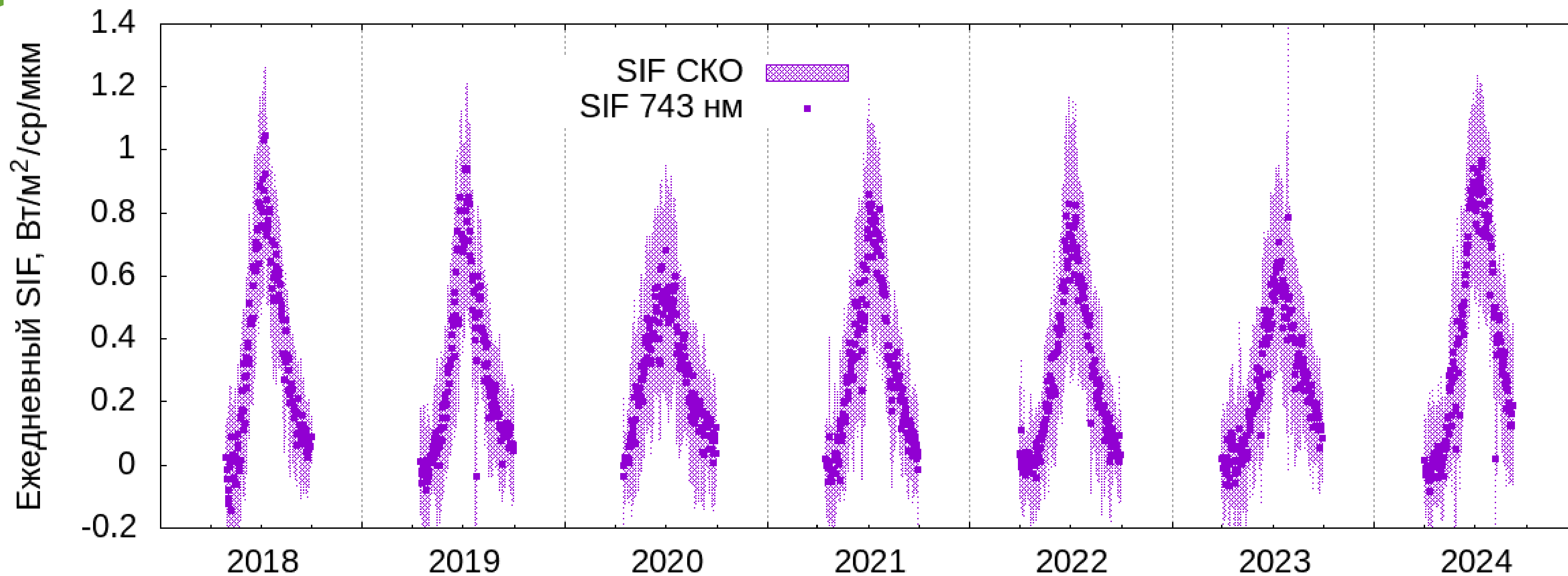
КЛАССИФИКАЦИЯ
ТИПОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ
ПОВЕРХНОСТИ ПО
ДАНЫМ
ПРОДУКТА МСD12Q1 ЗА
2019 ГОД ДЛЯ
ТЕРРИТОРИИ
АЛТАЙСКОГО КРАЯ



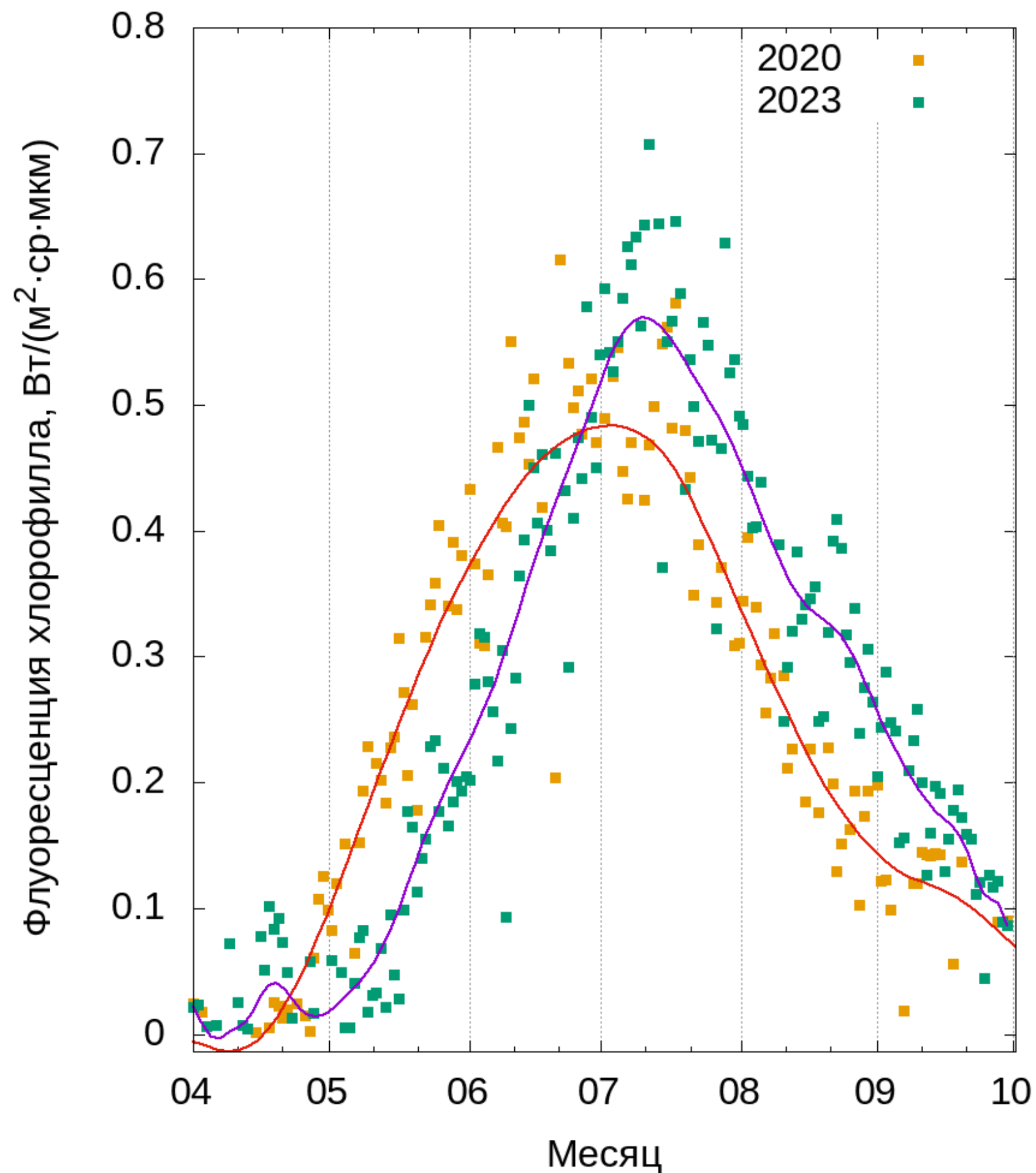
Максимум в наблюдениях SIF для пахотных земель Алтайского края по данным S5P за период июнь-июль 2020 года



ГОДОВОЙ ХОД И МЕЖГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ SIF ДЛЯ С/Х ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ В 2018–2024 ГГ



**СЕЗОННЫЙ ХОД SIF
ДЛЯ ЗЕМЕЛЬ С/Х
НАЗНАЧЕНИЯ
АЛТАЙСКОГО КРАЯ
В 2020 И 2023 ГОДАХ
ПО ДАННЫМ
TROPOMI/SENTINEL-5P**



МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ С 2020 ПО 2023 ГОД НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

M — урожайность зерновых и зернобобовых;

S — площадь для выращивания зерновых и зернобобовых;

C — коэффициент перехода от SIF_{max} к удельной урожайности для S5P.

$W = \frac{M}{S}$ — удельная урожайность зерновых и зернобобовых

$W = C \times SIF_{max}$ — переход от SIF_{max} к удельной урожайности W

Год	SIF_{max} , Вт/(м ² · ср · мкм)	S , млн. га	M , млн. тонн	Прогноз M , млн. тонн	C
Алтайский край					
2020	0.73	3.29	3.91	-	1.62
2021	0.96	3.23	5.53	-	1.78
2022	0.90	3.35	5.60	-	1.85
2023	0.77	3.35	4.43	-	1.71
2024	1.08	3.10	5.5	5.81±0.50	1.74±0.15

КОМПОНЕНТЫ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РЯДА РЕГИОНОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Год	SIF_{max} , Вт/(м ² · ср · мкм)	S, млн. га	M, млн. тонн	Прогноз M, млн. тонн	C
Омская область					
2020	0.67	2.03	3.03	-	2.18
2021	0.71	2.00	2.93	-	2.06
2022	0.65	2.01	2.92	-	2.25
2023	0.60	2.13	2.51	-	1.98
2024	0.96	2.03	-	3.90±0.33	2.01±0.17
Новосибирская область					
2020	0.76	1.48	2.49	-	2.21
2021	0.96	1.51	3.35	-	2.32
2022	0.88	1.54	3.34	-	2.47
2023	0.69	1.57	2.25	-	2.08
2024	1.02	1.42	-	3.30±0.36	2.27±0.25
Кемеровская область					
2020	1.00	0.58	1.29	-	2.25
2021	1.13	0.61	1.55	-	2.24
2022	1.18	0.63	1.83	-	2.48
2023	0.86	0.64	1.15	-	2.09
2024	1.12	0.58	-	1.47±0.16	2.26±0.24

РЕЗУЛЬТАТЫ

- 1** Предложен алгоритм для прогнозирования урожайности яровых зерновых и зернобобовых культур на юге Западной Сибири, по потокам флуоресцентного излучения, регистрируемых прибором TROPOMI спутника Sentinel-5 Precursor
- 2** Показана устойчивая корреляционная связь между максимумом в спутниковых наблюдениях SIF и урожайностью зерновых и зернобобовых культур, выращиваемых на юге Западной Сибири
- 3** Предложенный алгоритм позволяет сделать оценку урожайности с доверительным интервалом $\sim 7\%$ во второй половине июля, до начала уборочной кампании



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**

