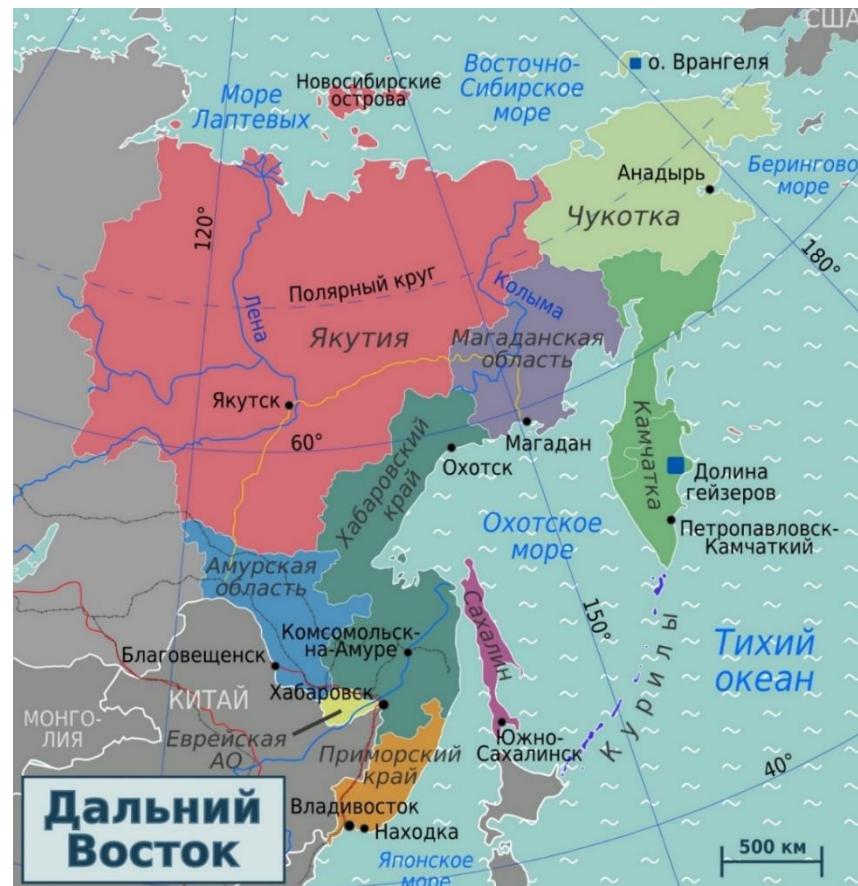




# Исследование возможностей мультисенсорных временных рядов NDVI для классификации сельскохозяйственных культур и залежных земель в Хабаровском крае



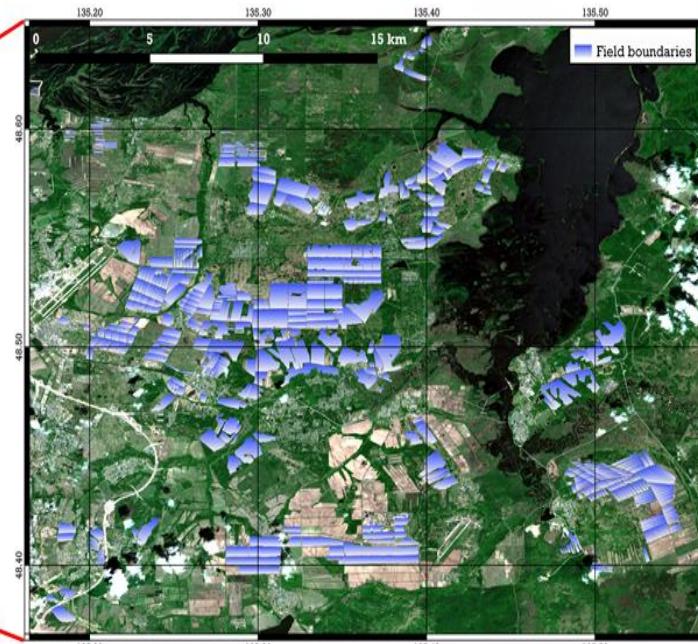
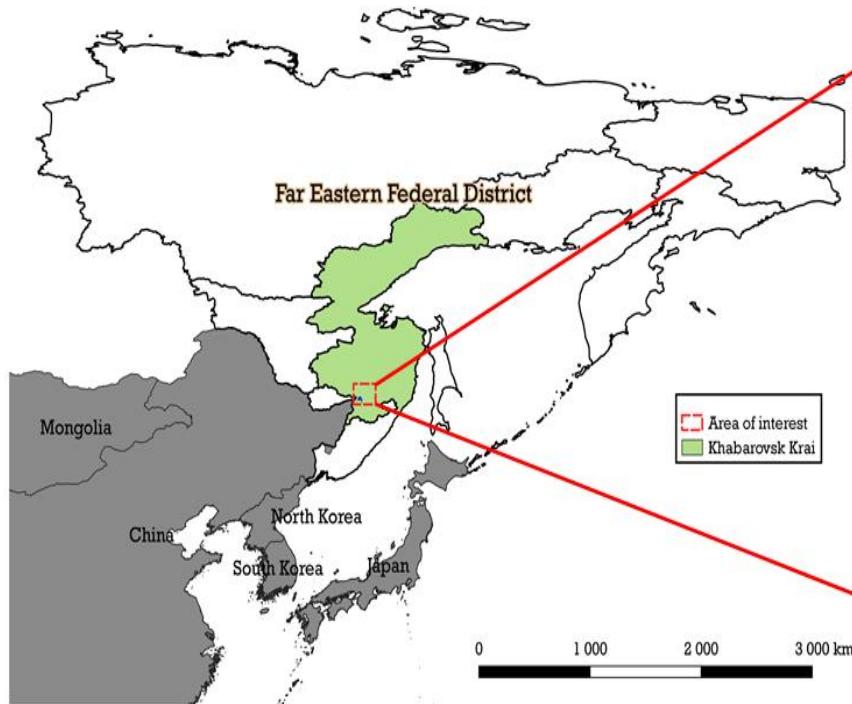
Илларионова Л.В.<sup>1</sup>, Дубровин К.Н.<sup>1</sup>, Фомина Е.А.<sup>1</sup>,  
Елисеев В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск,

e-mail: [illarionova\\_l@list.ru](mailto:illarionova_l@list.ru)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», г. Москва

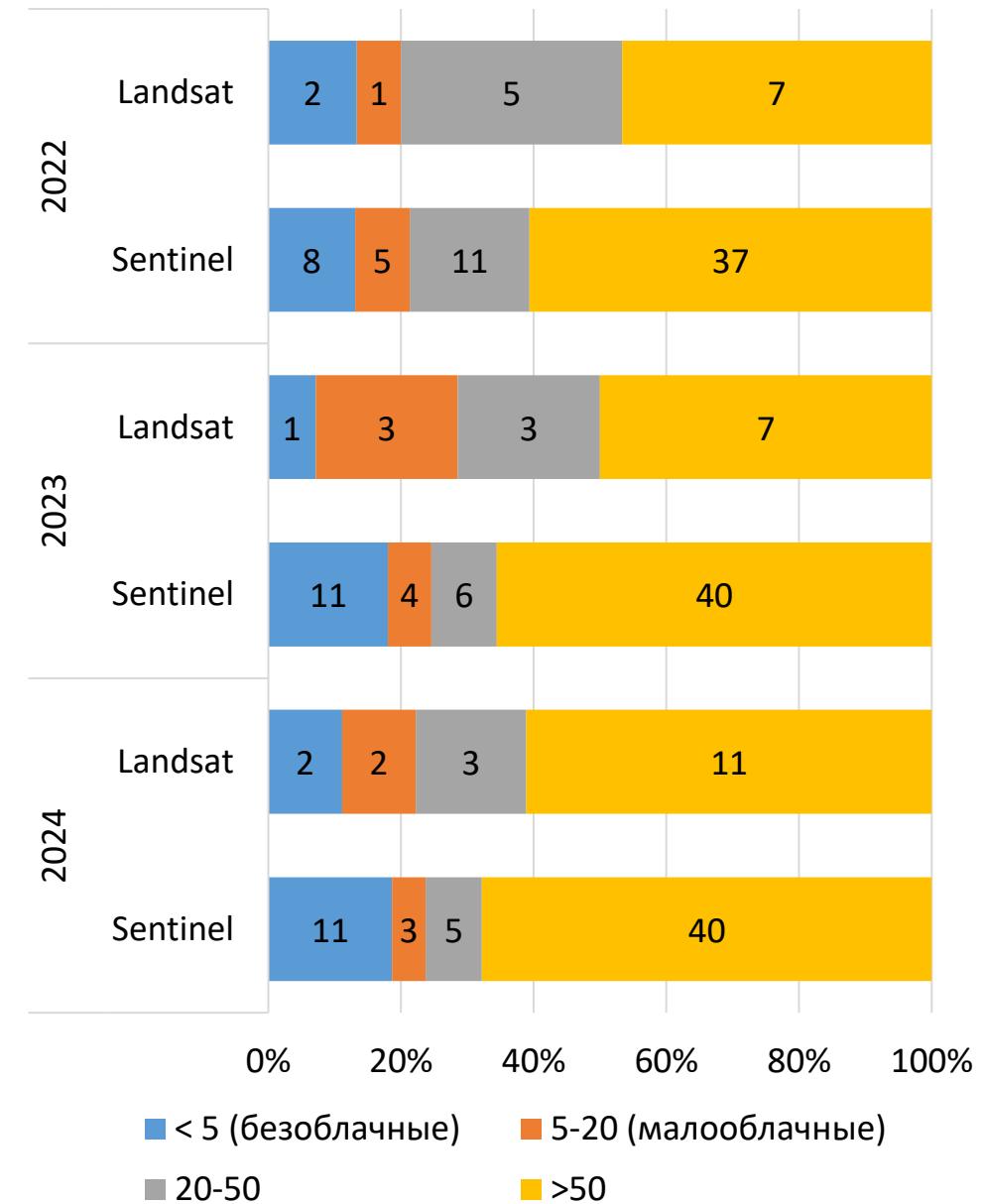
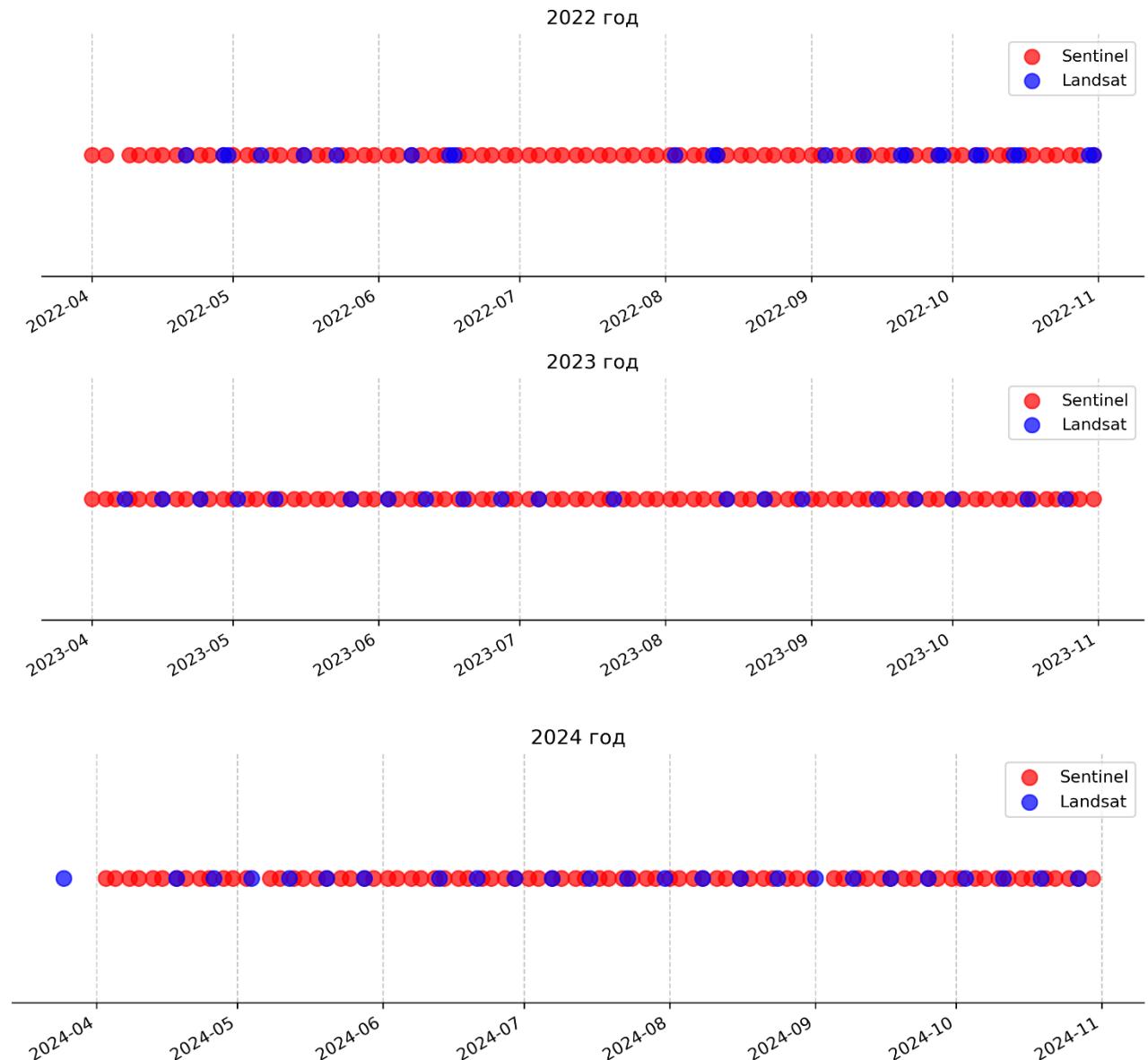
# Материалы и методы



Площади посевов сельскохозяйственных культур и неиспользуемой пашни, га

Год	Соя	Зерновые	Гречиха	Многолетние травы	Залежь
2022	4537,52	762,72	260,12	294,8	1422,84
2023	4510,2	662,48	316,04	559,16	773,36
2024	11336,36	3195,64	845,92	1769,92	4804,96
Итого	20384,08	4620,84	1422,08	2623,88	7001,16

# Материалы и методы



# Материалы и методы

Индекс NDVI вычислялся по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра,  
RED – отражение в красной и области спектра.

Для расчета значений на все дни периода временные ряды аппроксимировались по формуле (Sentinel, Landsat):

$$f = a_0 + a_1 \cdot \cos(xw) + b_1 \cdot \sin(xw) + a_2 \cdot \cos(2xw) + b_2 \cdot \sin(2xw), \quad (2)$$

где  $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2$  – числовые коэффициенты.

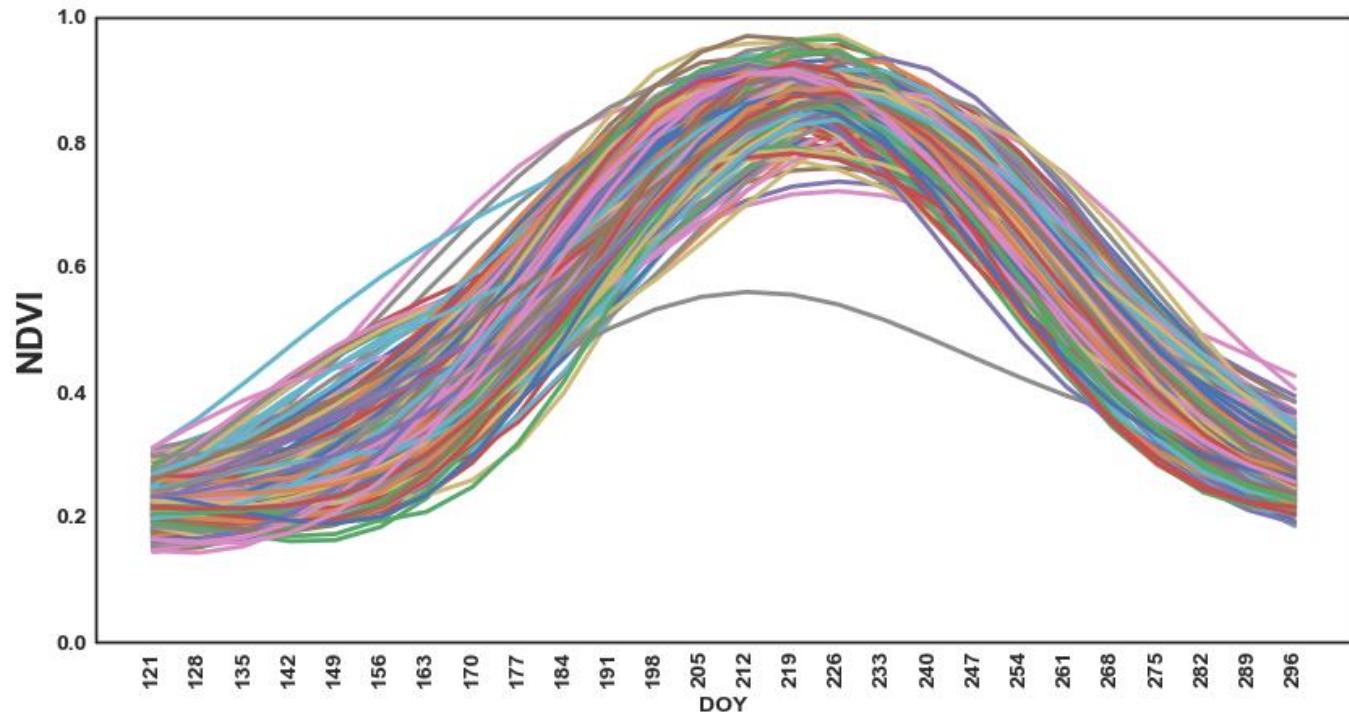
В результате были получены непрерывные недельные пиксельные композиты вегетационного индекса NDVI с 121 по 296 день года.



# Материалы и методы

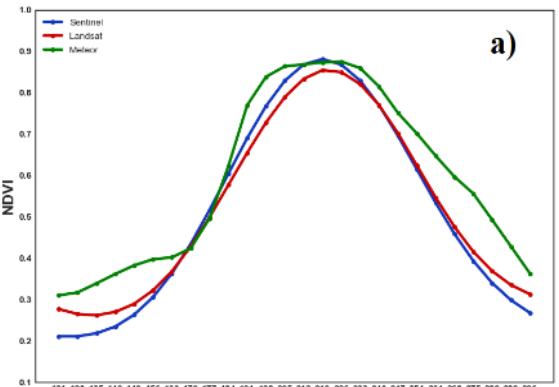
На основе ежедневных композитных изображений каналов NIR и RED спутника Метеор-М с помощью метода скользящего окна рассчитаны еженедельные попиксельные композиты индекса NDVI с 121 по 296 день года.

Таким образом, данные с разных спутников были приведены к одинаковому виду.

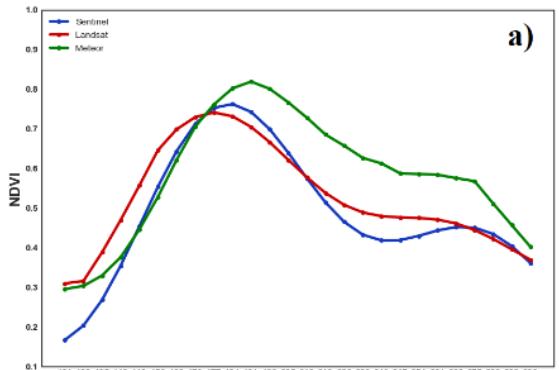


# Результаты

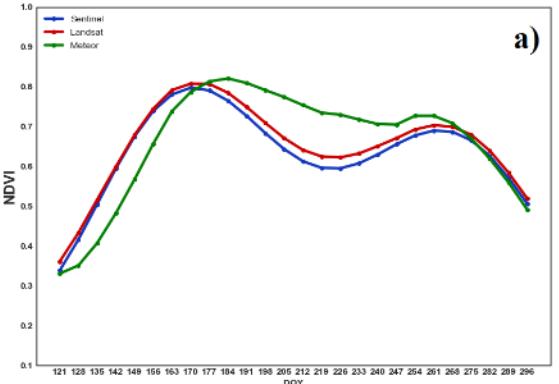
Соя



Зерновые



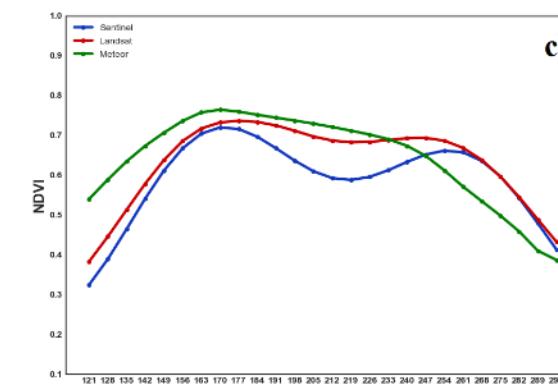
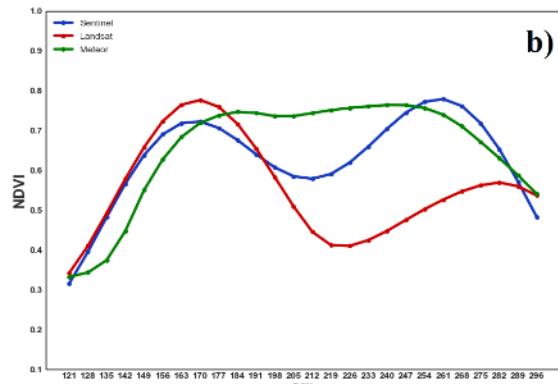
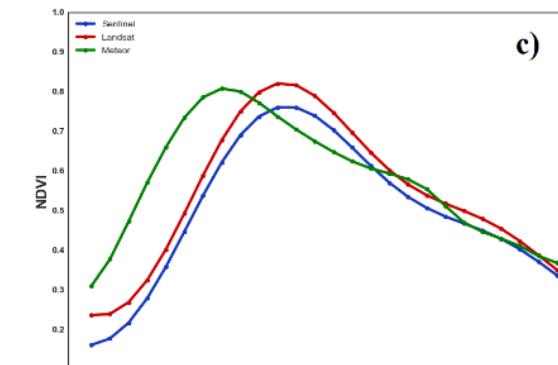
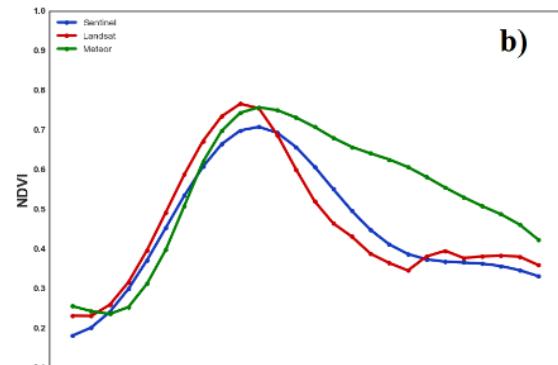
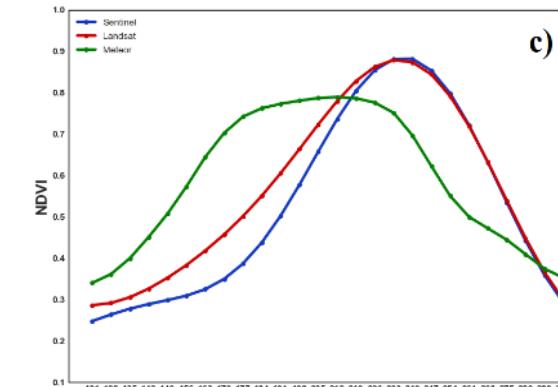
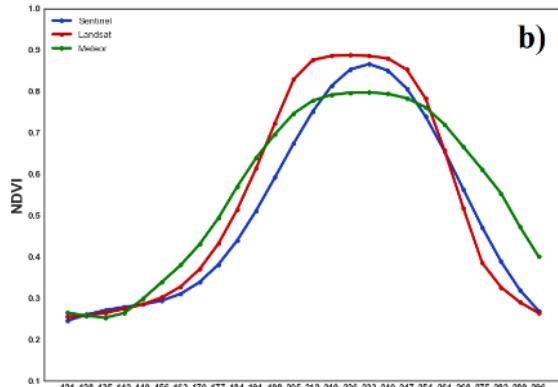
Многолетние  
травы



2022

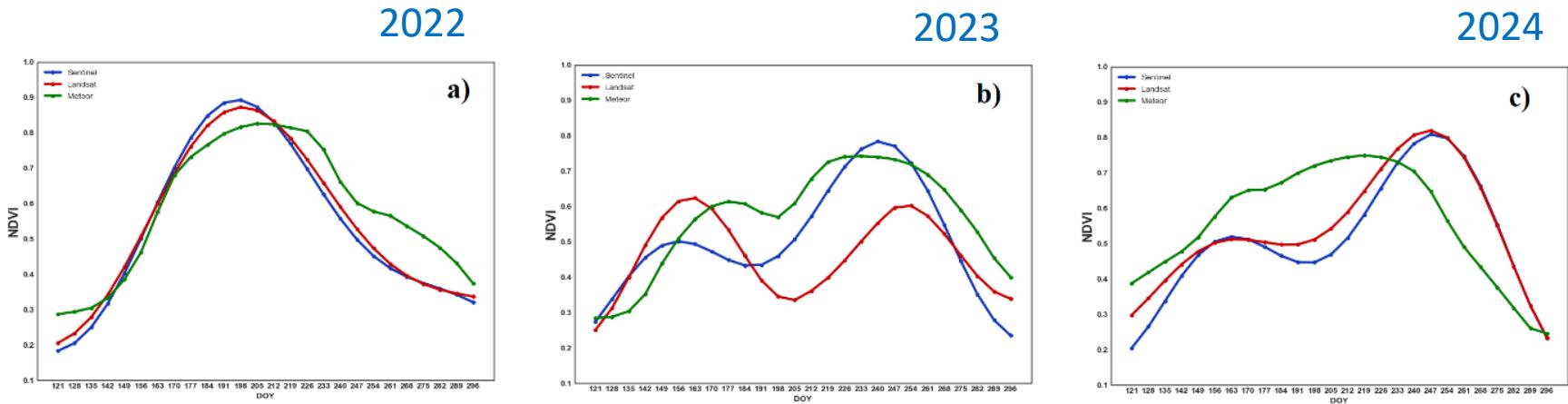
2023

2024

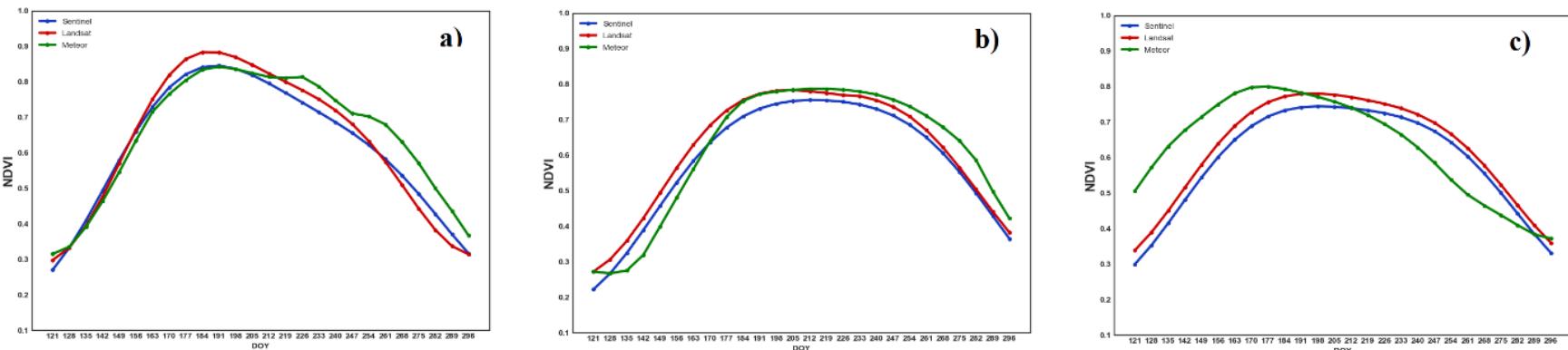


# Результаты

Гречиха



Залежь



# Результаты

## Соя

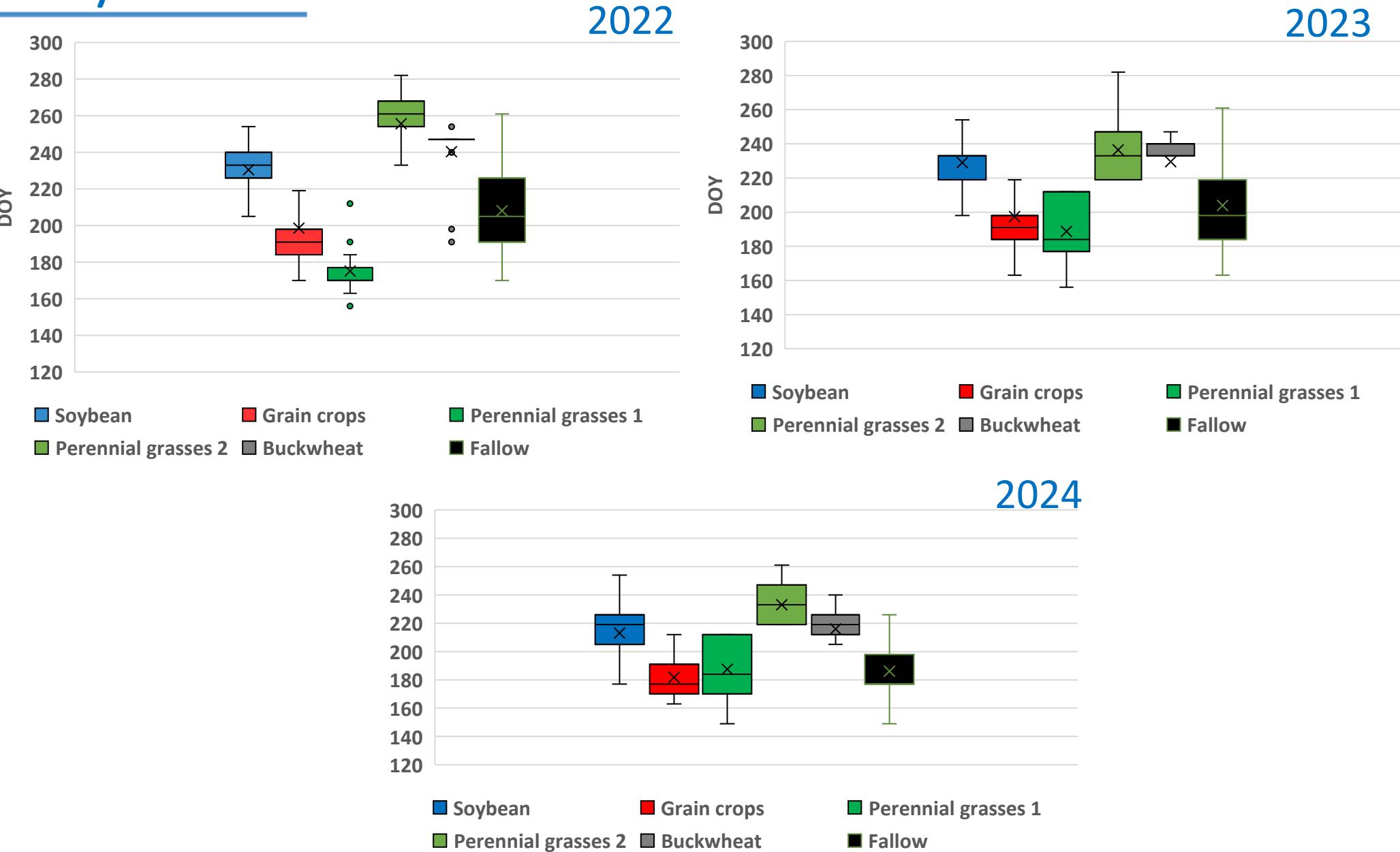
Спутник	Характеристики	Соя		
		2022	2023	2024
Sentinel	$\overline{VI}_{max} \pm \Delta \overline{VI}_{max}$	0.88±0.01	0.89±0.01	0.87±0.01
	$VAR_{VI}$	4.89	5.12	7.20
	$P_{value}$	$P_{anova} < 0.01; p_{22-23} > 0.05, p_{22-24} > 0.05, p_{23-24} < 0.01$		
Landsat	$\overline{VI}_{max} \pm \Delta \overline{VI}_{max}$	0.87±0.01	0.91±0.01	0.87±0.01
	$VAR_{VI}$	5.31	6.29	6.79
	$P_{value}$	$P_{anova} < 0.001; p_{22-23} < 0.0001, p_{22-24} > 0.05, p_{23-24} < 0.0001$		
Meteor	$\overline{VI}_{max} \pm \Delta \overline{VI}_{max}$	0.88±0.00	0.81±0.01	0.80±0.00
	$VAR_{VI}$	1.97	4.96	3.95
	$P_{value}$	$P_{anova} < 0.001; p_{22-23} < 0.0001, p_{22-24} < 0.0001, p_{23-24} < 0.0001$		

# Результаты

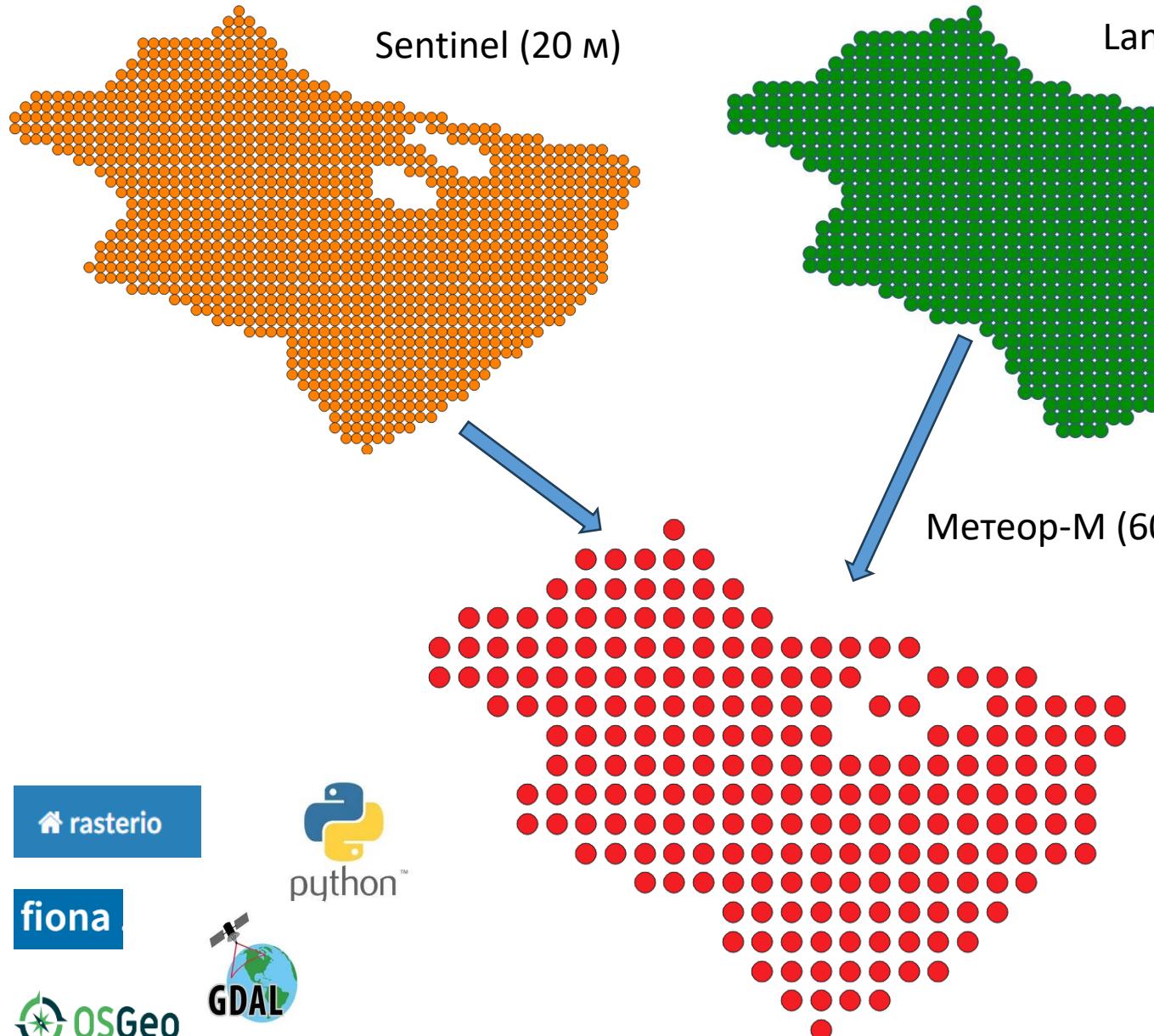
## Соя

Спутник	Характеристики			
		2022	2023	2024
Sentinel	$\overline{DOY_{max}} \pm \Delta \overline{DOY_{max}}$	220.77±0.75	231.29±0.72	236.38±0.60
	$VAR_{VI}$	2.88	2.35	2.67
	$P_{value}$	$P_{\text{anova}} < 0.001; p_{22-23} < 0.0001, p_{22-24} < 0.0001, p_{23-24} < 0.0001$		
Landsat	$\overline{DOY_{max}} \pm \Delta \overline{DOY_{max}}$	223.47±0.87	226.06±1.60	233.90±0.80
	$VAR_{VI}$	3.06	5.35	3.64
	$P_{value}$	$P_{\text{anova}} < 0.001; p_{22-23} < 0.001, p_{22-24} < 0.0001, p_{23-24} < 0.0001$		
Meteor	$\overline{DOY_{max}} \pm \Delta \overline{DOY_{max}}$	216.57±1.13	229.07±1.22	202.66±1.46
	$VAR_{VI}$	4.40	3.99	7.64
	$P_{value}$	$P_{\text{anova}} < 0.001; p_{22-23} < 0.0001, p_{22-24} < 0.0001, p_{23-24} < 0.0001$		

# Результаты



# Результаты



Снимки преобразуются в систему координат EPSG:4326 (WGS 84).

Изменяется разрешение методом билинейной интерполяции (взвешенное среднее значений четырех ближайших пикселей исходного изображения с учетом расстояния до их центров).

Для каждого пикселя (приведенного к координатной сетке Метеор-М) сформирован набор из трёх еженедельных значений NDVI (Landsat, Sentinel, Метеор-М)

 rasterio

 python™

fiona

 OSGeo

# Результаты

Sentinel (20 м)

	соя	зерновые	гречиха	травы	залежь	F1
соя	242900	2437	1286	1143	6561	0,96
зерновые	553	55675	98	193	2761	0,93
гречиха	1982	140	16548	210	853	0,86
травы	2020	717	396	18211	2082	0,79
залежь	3154	1510	266	2665	77502	0,89
OA, %	93					

Landsat (30 м)

	соя	зерновые	гречиха	травы	залежь	F1
соя	146110	5854	304	517	4086	0,94
зерновые	794	28652	111	346	618	0,80
гречиха	1811	1406	8261	195	470	0,79
травы	878	623	135	11482	3074	0,71
залежь	5538	4906	73	3589	42988	0,79
OA, %	87					

Метеор-М (60 м)

	crop	соя	зерновые	гречиха	травы	залежь	F1
соя	33785	210	68	43	477	0,95	
зерновые	685	7611	13	205	501	0,86	
гречиха	520	398	1392	38	171	0,65	
травы	260	331	105	2956	967	0,71	
залежь	1008	221	157	438	11238	0,85	
OA, %	89						

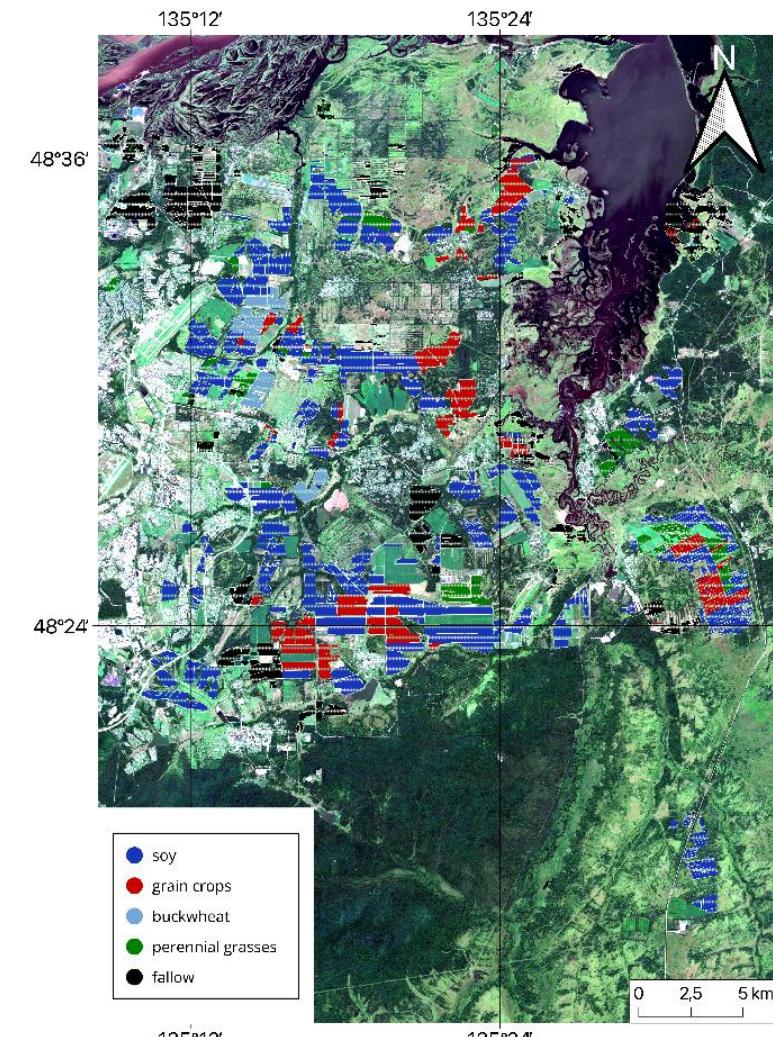
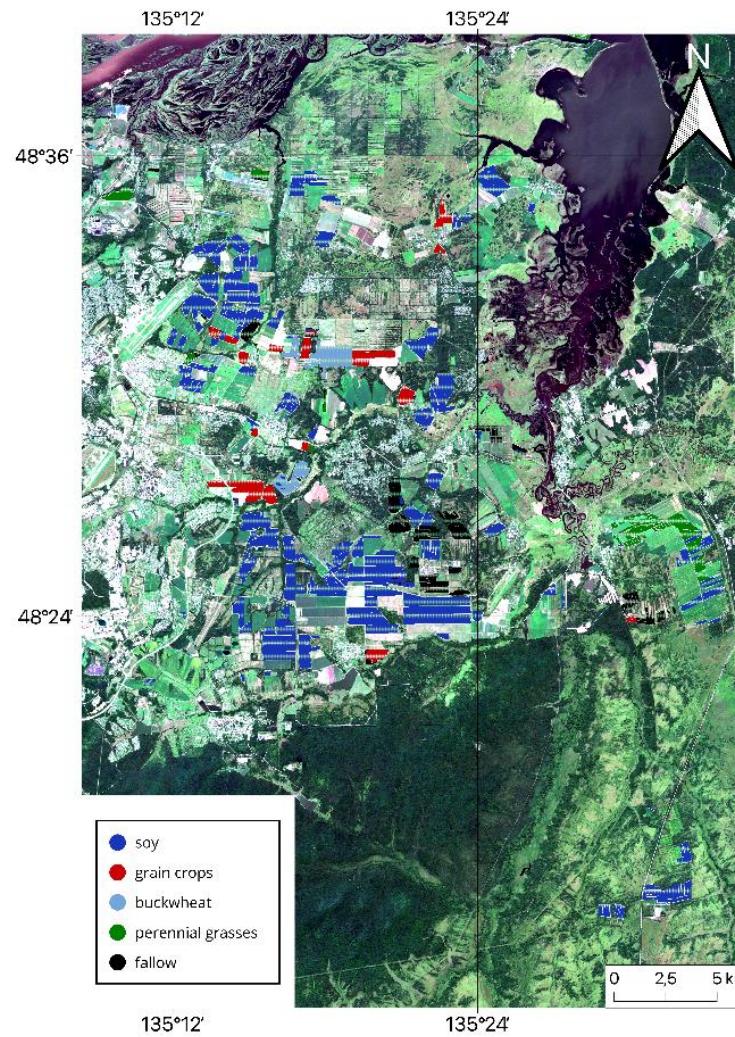
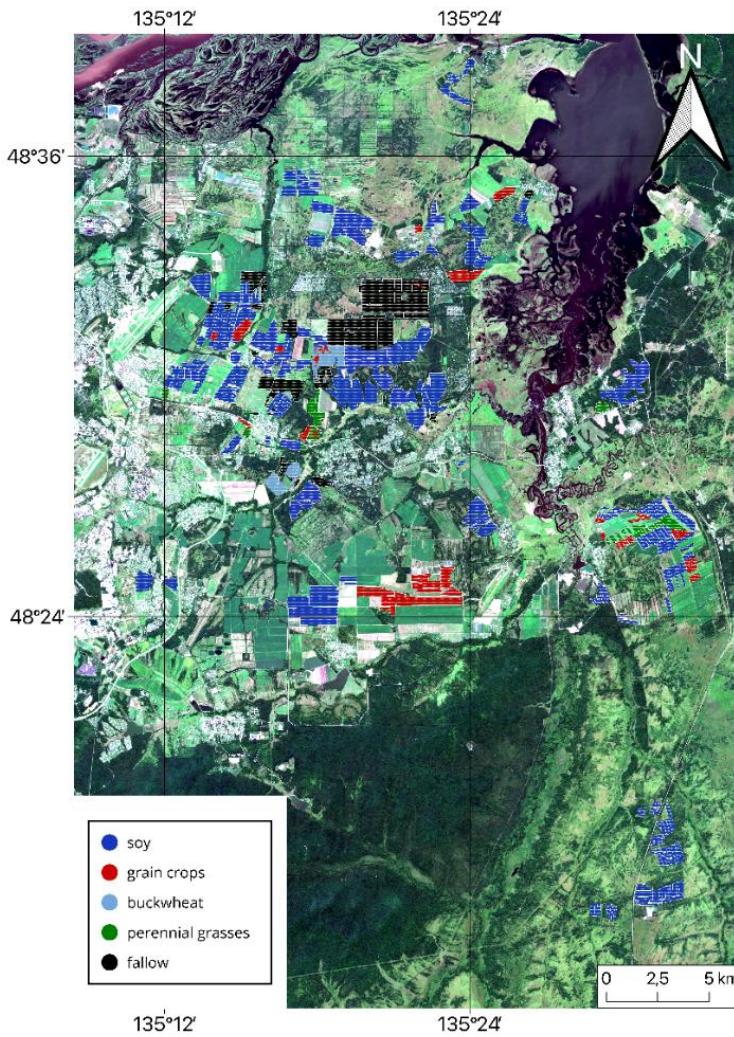
Объединение спутников (60 м)

	соя	зерновые	гречиха	травы	залежь	F1
соя	32137	202	11	43	161	0,98
зерновые	100	6995	2	33	296	0,94
гречиха	165	17	2333	22	22	0,95
травы	64	157	6	2450	269	0,79
залежь	646	163	6	708	9222	0,89
OA, %	94					

# Результаты

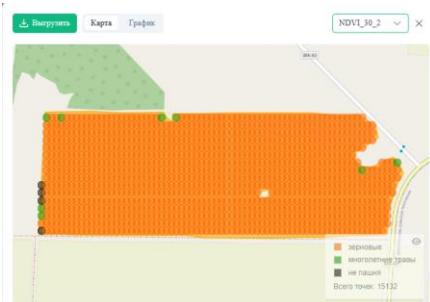
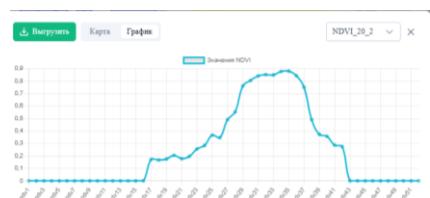
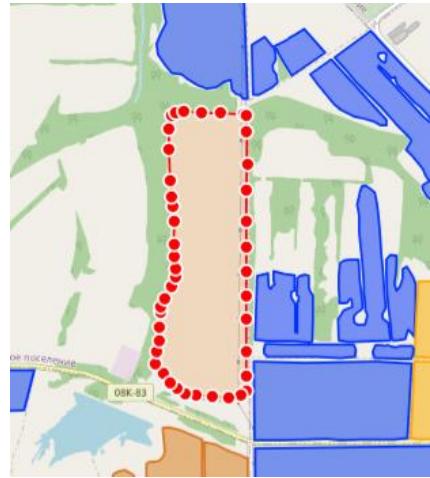
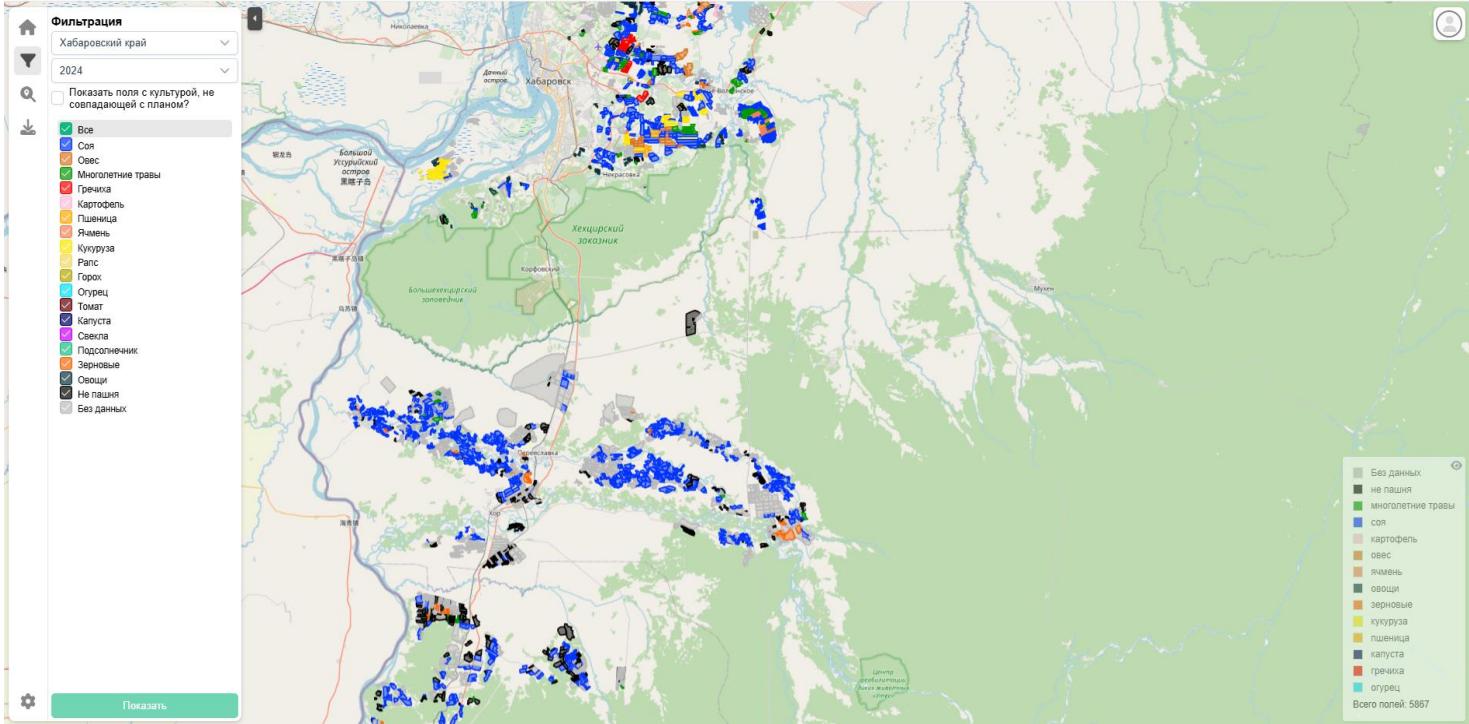
Спутник	2022		2023		2024	
	OA, %	F1 <sub>mean</sub>	OA, %	F1 <sub>mean</sub>	OA, %	F1 <sub>mean</sub>
Sentinel	96	0,92	92	0,84	93	0,88
Landsat	95	0,87	89	0,75	85	0,78
Метеор	95	0,88	90	0,81	87	0,8
Landsat+Sentinel+Метеор	97	0,93	96	0,92	92	0,87

# Результаты



# Результаты

## ГИС для мониторинга земель сельхозназначения Дальнего Востока





Спасибо за внимание

