



Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды

**Всероссийский НИИ
сельскохозяйственной метеорологии**



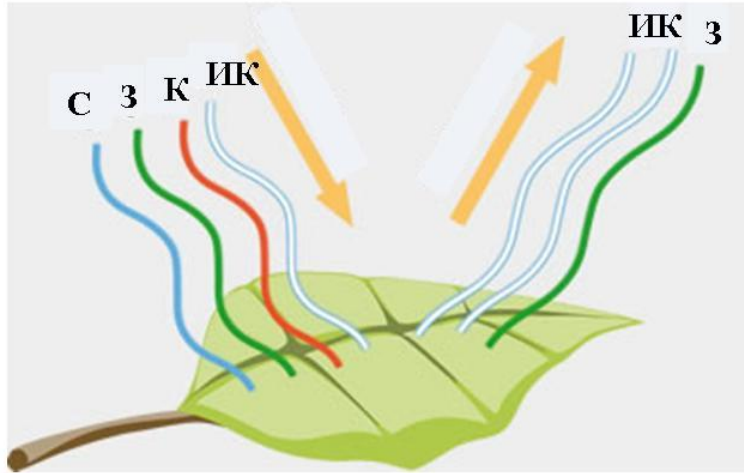
Оценка средне-районной урожайности зерновых культур по спутниковой информации Modis.

А.Д. Клещенко, О.В. Савицкая, С.А. Косякин.

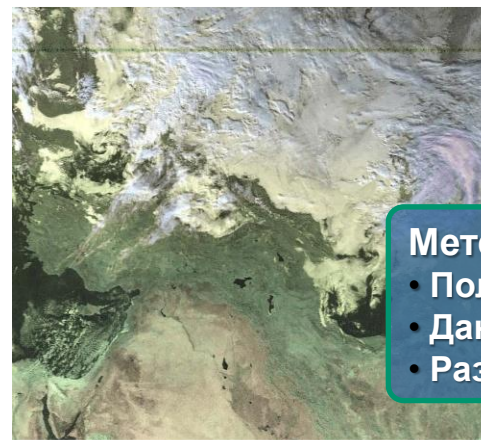
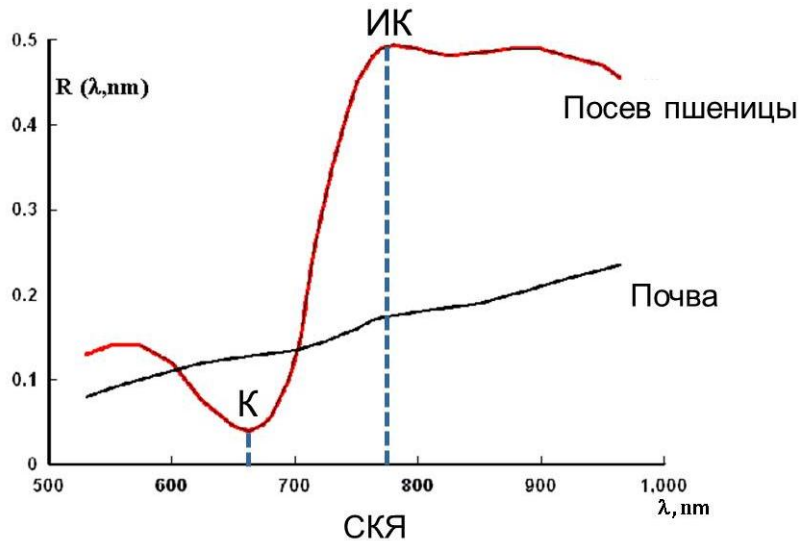
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

- Существующий метод расчета средне-областной и средне-районной урожайности зерновых культур на основе спутниковой и наземной информации**
- Усовершенствованный метод расчета средне-районной урожайности путем включения новых информационных продуктов и интерполяционной сетки.**

Физические основы



$$NDVI = \frac{ИК - К}{ИК + К}$$



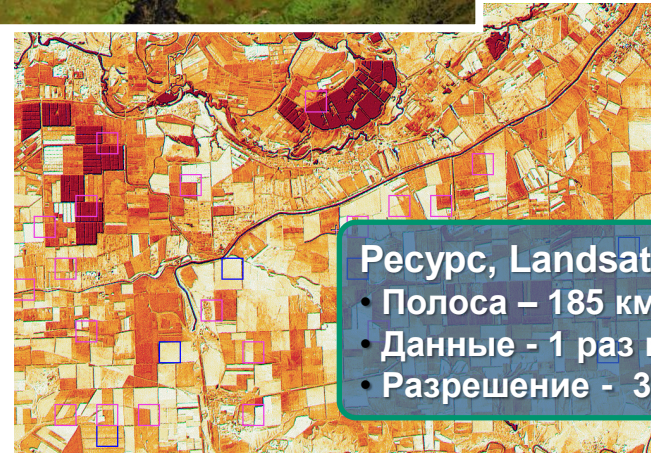
Метеор, NOAA

- Полоса – 2300 км
- Данные – 10 раз в сутки
- Разрешение - 1,1 км



Terra (MODIS)

- Полоса – 2000 км
- Данные - 1 раз в сутки
- Разрешение - от 250 м



Ресурс, Landsat, Spot

- Полоса – 185 км
- Данные - 1 раз в 16 суток
- Разрешение - 30 м

Входные данные:

- Статистическая информация: **средне-областная** урожайность;
- Спутниковая информация: **NDVI** (ИКИ, сервис BEGA-PRO);
- Наземная информация: **средне областные** декадные агрометеорологические данные.

Регрессионные модели:

$$Y = a + bx_1 + cx_2$$

a – свободный член

b – коэффициент при дефиците влажности воздуха

c – коэффициент при NDVI

Северо-Кавказское УГМС, 2 декады мая

	Осадки	Температура	Нак. температура	NDVI	Нак. NDVI	Нак. ГТК	Дефицит	Урожайность оз. пшеницы
Осадки	1,00							
Температура	-0,05	1,00						
Нак. температура	0,51	0,43	1,00					
NDVI	0,45	-0,12	0,48	1,00				
Нак. NDVI	0,42	-0,12	0,47	0,98	1,00			
Нак. ГТК	0,86	-0,08	0,58	0,57	0,53	1,00		
Дефицит	-0,73	0,32	-0,57	-0,53	-0,54	-0,81	1,00	
Урожайность оз. пшеницы	0,44	0,03	0,57	0,88	0,87	0,54	-0,53	1,00

для субъектов Северо-Кавказское УГМС

Месяц	Декада	Коэффициенты уравнения регрессии			R	Стандартная ошибка	Коэффициент эластичности	
		a	b	c			D	NDVI
Апрель	3	2,37	-0,72	79,24	0,88	4,21	-0,15	1,05
Май	1	-3,4	-0,39	78,77	0,88	4,25	-0,08	1,19
Май	2	-3,51	-0,61	76,06	0,86	4,60	-0,15	1,26
Май	3	-8,24	-0,48	83,02	0,86	4,99	-0,14	1,41
Июнь	1	-8,34	-0,73	83,42	0,83	5,03	-0,18	1,45

Коэффициенты множественной корреляции от 0,498 являются значимыми на 5% уровне

a – свободный член

b – коэффициент при дефиците влажности воздуха

c – коэффициент при NDVI

Средняя урожайность озимой пшеницы:

Краснодарский край – 47,3

Ставропольский край – 33,2

Ростовская область – 28,0

Волгоградская область – 21,2

для субъектов Приволжского УГМС

Месяц	Декада	Коэффициенты уравнений за период 2001-2007 гг.			Коэффициенты уравнений за период 2001-2008 гг.		
		a	b	c	a	b	c
Май	2	7,06	-1,05	44,84	8,66	-0,89	37,67
Май	3	4,86	-0,32	31,66	5,88	-0,31	29,26
Июнь	1	9,09	-0,42	21,14	8,51	-0,4	21,78

a – свободный член

b – коэффициент при дефиците влажности воздуха

c – коэффициент при NDVI

для субъектов Северо-Кавказское УГМС

Месяц	Декада	Область, край	Сравнение рассчитанной и фактической урожайности				
			Рассчитанная, ц/га	Фактическая, ц/га	Абсолютная ошибка, ц/га	Относительная ошибка, %	0,67 сигмы, ц/га
май	3	Волгоградская	19,3	18,6	-0,7	3,6	4,5
		Ростовская	22,3	19,9	-2,4	12,2	4,3
		Краснодарский	36,3	45,1	8,8	19,5	4,1
		Ставропольский	34,5	35,7	1,2	3,3	3,6
июнь	1	Волгоградская	18,2	18,6	0,4	2,0	4,5
		Ростовская	19,5	19,9	0,4	1,8	4,3
		Краснодарский	40,6	45,1	4,5	10,0	4,1
		Ставропольский	28,7	35,7	7,0	19,7	3,6

Критерий Фишера, критерий Стьюдента

Оправдываемость методов расчетов в результате авторских испытаний (2007 – 2009 гг.):

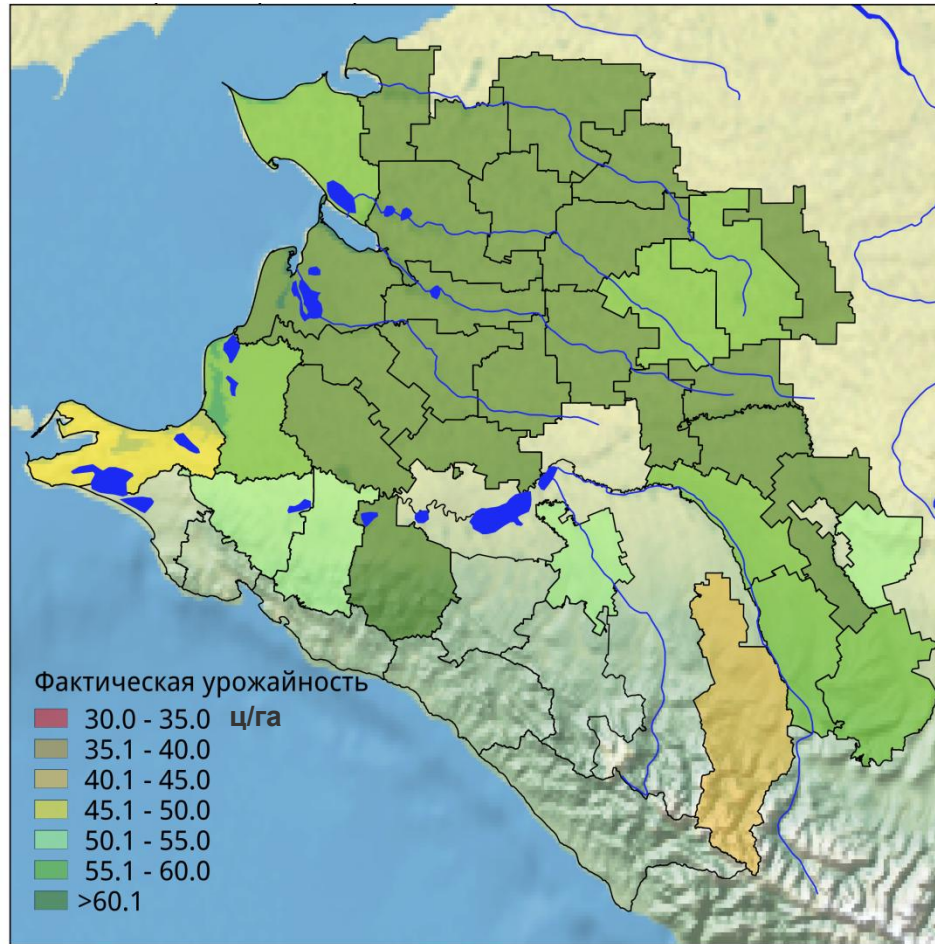
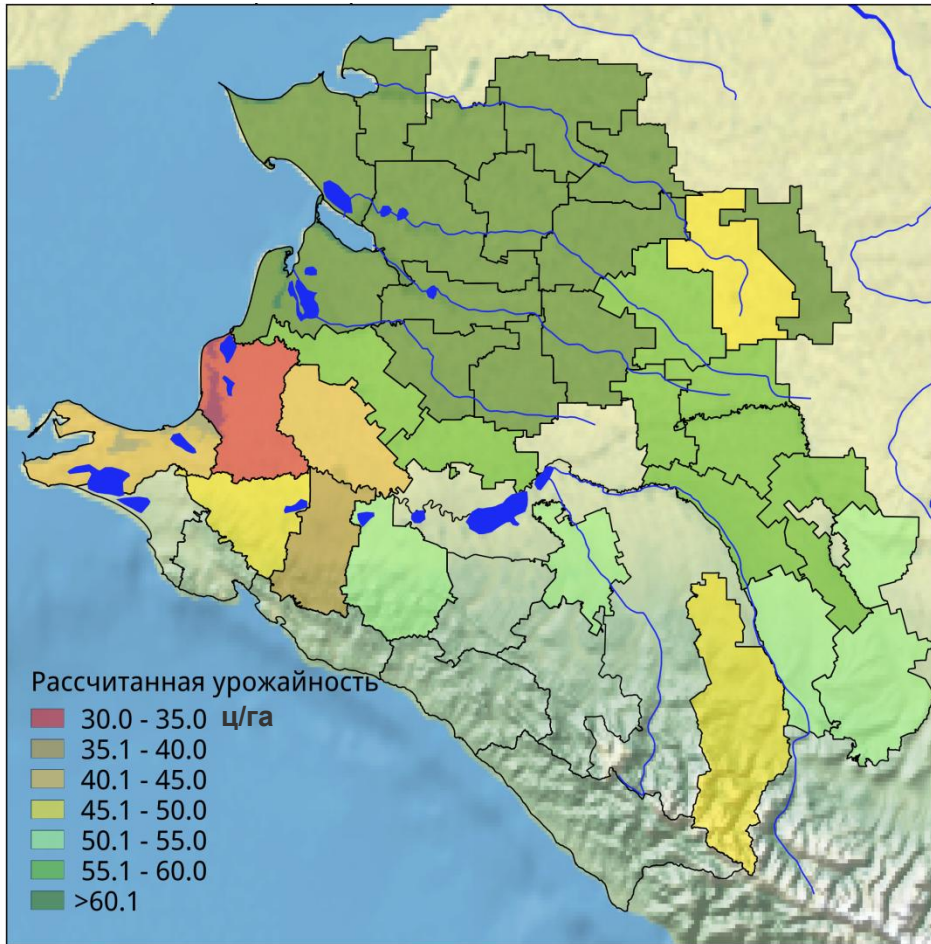
испытываемый – 79 %

инерционный – 25%

климатологический – 25%

Сравнение рассчитанных и фактических районных урожаев озимой пшеницы, Краснодарский край

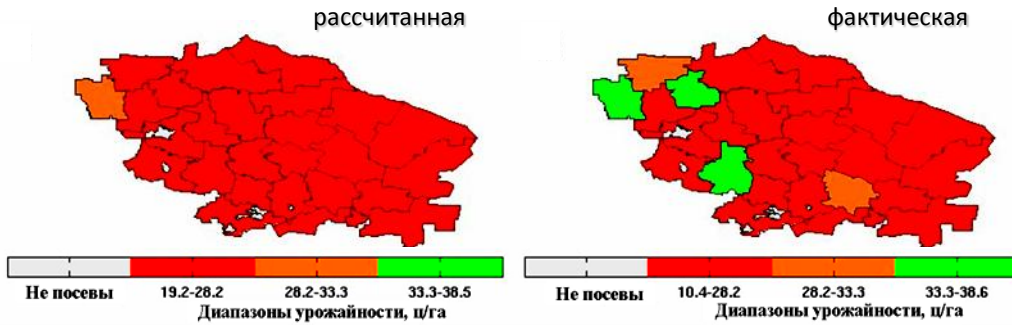
3 декада мая 2017 г.



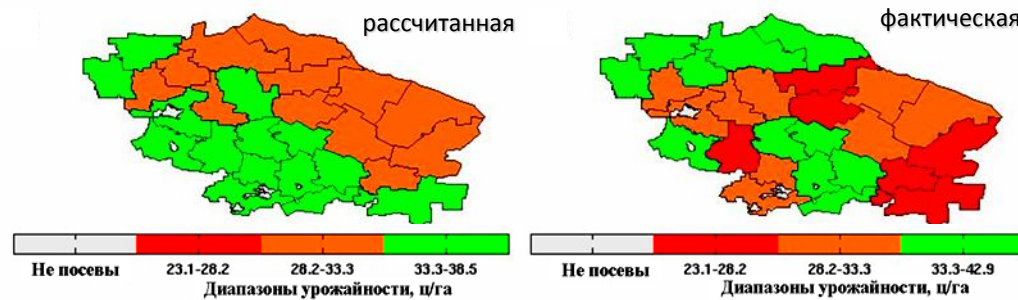
Средняя относительная ошибка: 7,9 %.

Оценка ожидаемой урожайности озимой пшеницы на конец 1 декады мая

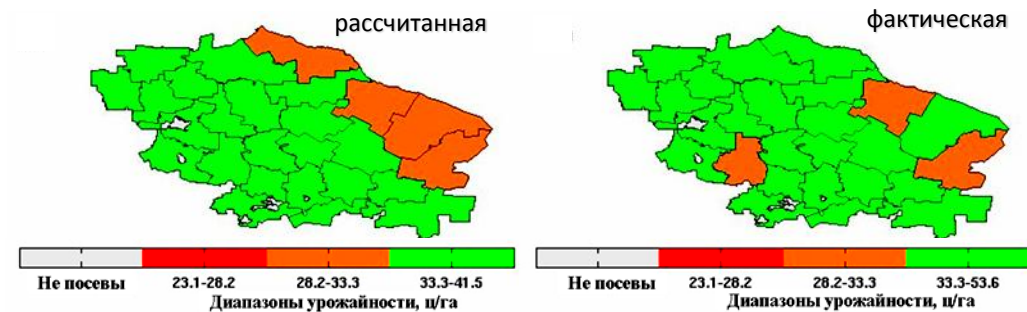
2003 год – низкая урожайность, 23,0 ц/га



2009 год – средняя урожайность, 31,9 ц/га



2008 год – высокая урожайность, 38,5 ц/га



Отличие	Существующий метод	Усовершенствованный метод
Урожайность	Средне-областная	Средне-районная
Спутниковая информация	NDVI	NDVI, IKI MODIS LAI
Наземная информация	Декадные агрометеорологические данные в разрезе области	Декадные и срочные агрометеорологические данные в разрезе района
Интерполяционная сетка	–	Метод обратных взвешенных квадратов расстояний
Дифференциация территории на зоны	–	Карты агроклиматического районирования территории, разработанной Д.И. Шашко

Входные данные:

- Статистическая информация: **средне-районная** урожайность (Федеральная служба государственной статистики, база данных показателей муниципальных образований);
- Спутниковая информация: новый информационный продукт **IKI MODIS LAI, NDVI, VCI** (ИКИ, сервис ВЕГА-PRO).

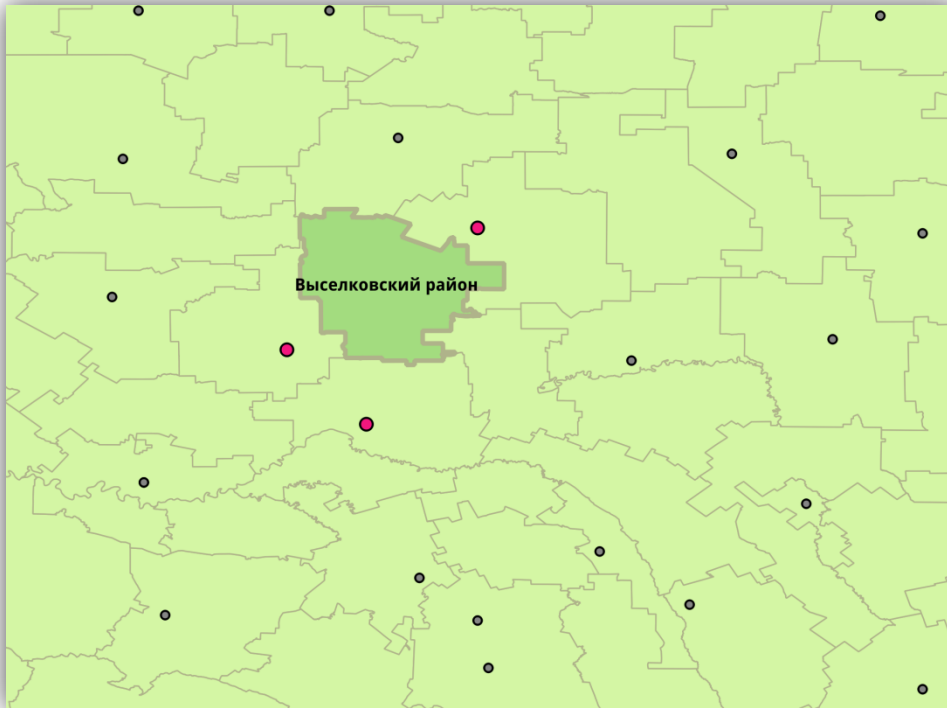
$$VCI_i = \frac{100 * (NDVI_i - NDVI_{min})}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}, \text{ где } NDVI_i - \text{ значение NDVI для даты } j;$$

$NDVI_{max}$ - максимальное значение NDVI внутри всего набора данных;

$NDVI_{min}$ - минимальное значение NDVI внутри всего набора данных.

- Наземная информация: декадные и срочные агрометеорологические данные по станциям.

- Станция расположена внутри района;
- Станция внутри района отсутствует, расчет осуществляется по данным трех ближайших станций.



Ближайшая точка вносит больший вклад в интерполируемое значение, чем более удаленная.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n w_i E_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

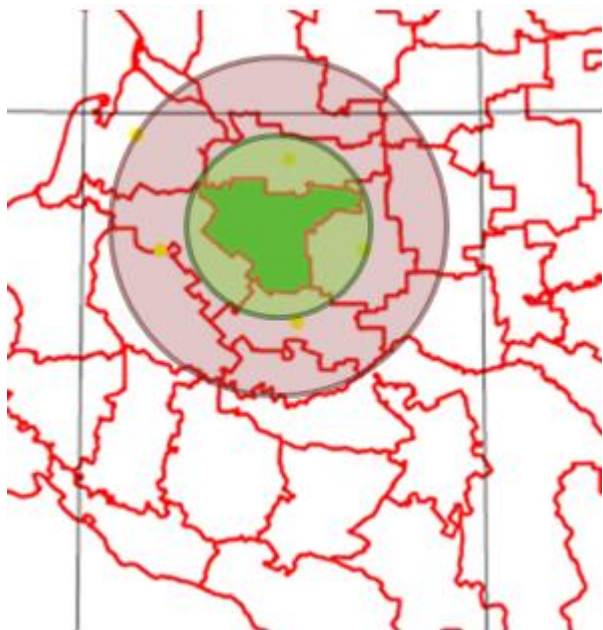
$$w_i = \frac{1}{r_i^2}$$

где E – рассчитываемое средневзвешенное значение метеорологического параметра;

E_i - значения метеорологического параметра в ближайших точках, попавших в заданную окрестность;

w_i - рассчитываемый вес i -ой точки – обратная функция расстояния;

r_i - расстояние от точки интерполяции до i -ой точки.

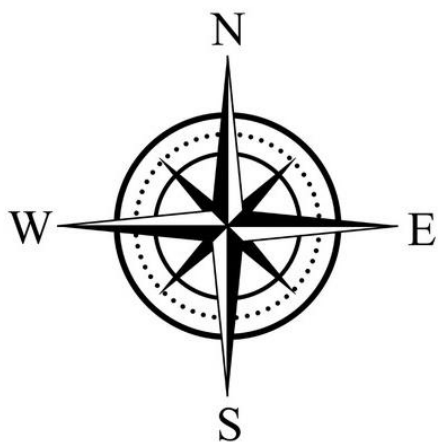


Первый этап– выбор оптимальной удаленности станций.

Вычисляются центры районов, граничащих с анализируемым. Максимальное расстояние от самого удаленного центра уменьшается вдвое, если же нужное количество станций не найдено в получившемся радиусе (на рис. отмечен зеленым кругом), то берутся станции из полученного изначально радиуса (на рис. бордовый круг).

Второй этап – расположение станции по сторонам света.

Максимальный радиус не превышает 80 км.



- Временной диапазон 6 лет: с 2012 по 2017 гг.
- Данные по районам объединялись в группы для увеличения объема выборки.
- Центрирование и нормирование данных:

нахождение среднего

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

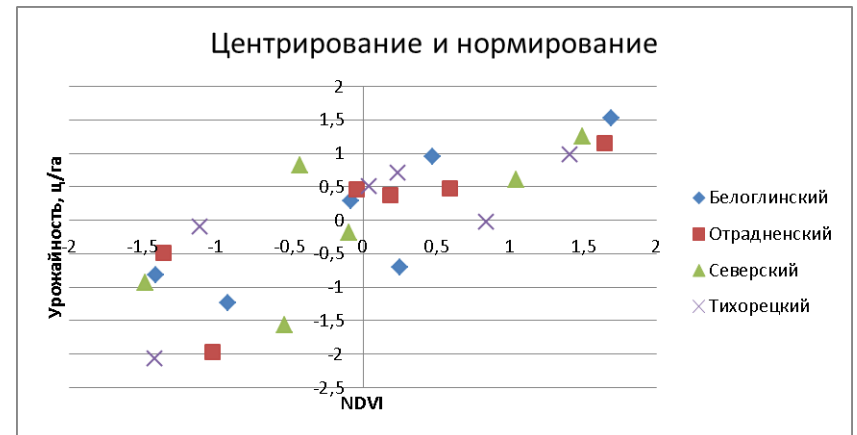
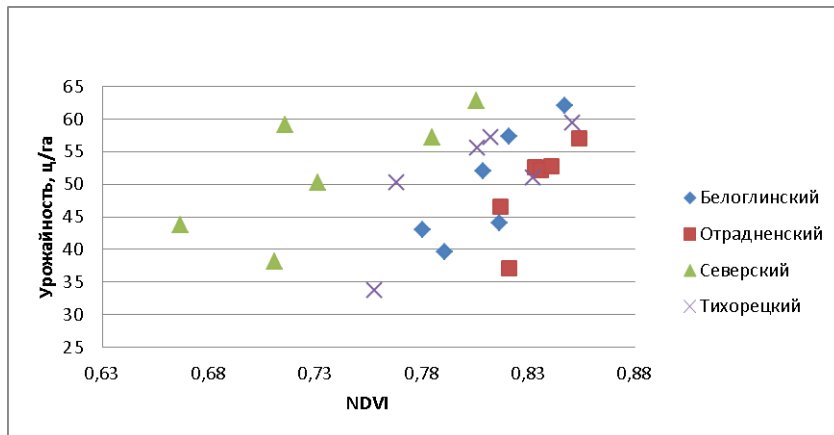
разность между исходными числами и их средним

$$X_i = V_i - \bar{V}$$

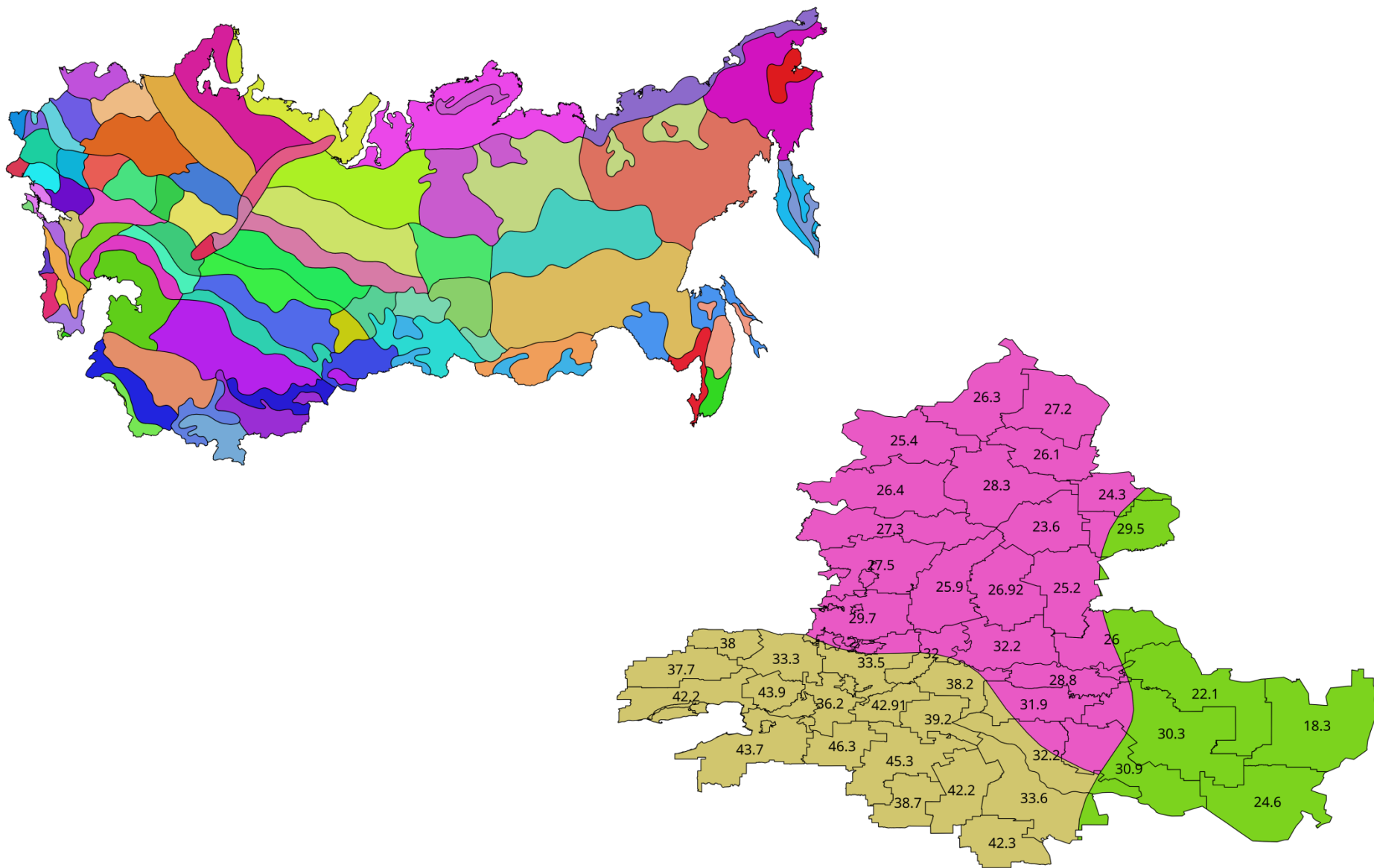
нормирование, путем деления на сигму

$$x_i = X_i / S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n}}$$

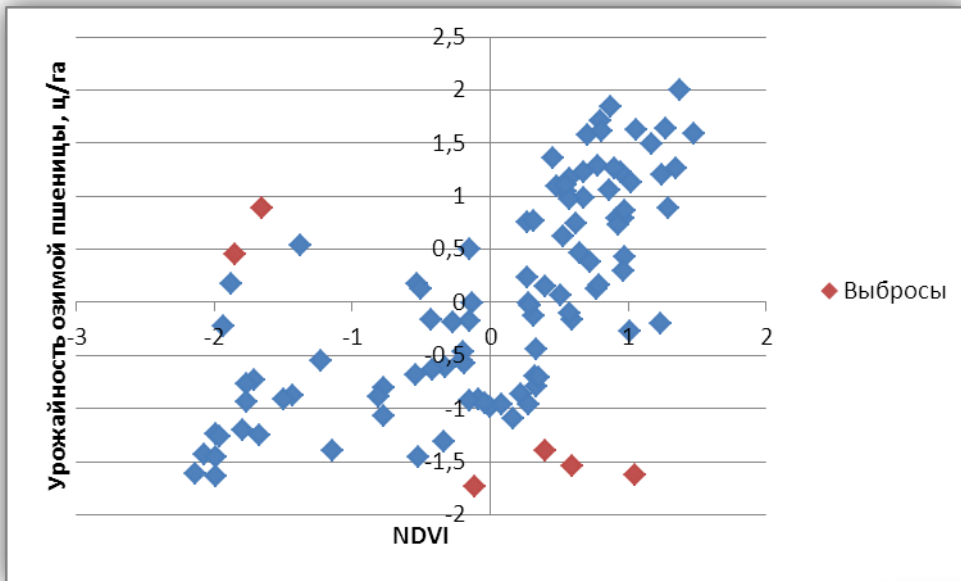


Дифференциация территории на зоны на основе карты агроклиматического районирования территории, разработанной Д.И. Шашко



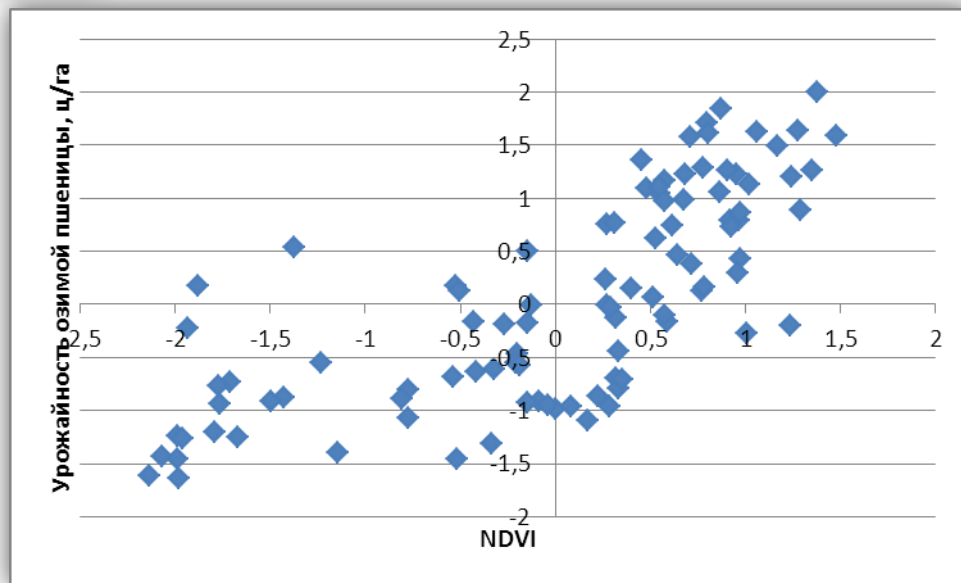
Выбросы, Оренбургская область, 3 декада мая

R=0,62



Стандартизованные остатки выходят за пределы диапазона от -2 до 2

R=0,74



Множественные коэффициенты корреляции

Ростовская область

Месяц	Декада	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4	
		NDVI	LAI	NDVI	LAI	NDVI	LAI	NDVI	LAI
Май	1	0,78	0,87	0,80	0,88	0,76	0,79	0,82	0,88
Май	2	0,90	0,93	0,77	0,84	0,85	0,90	0,86	0,92
Май	3	0,92	0,96	0,91	0,90	0,89	0,96	0,85	0,94
Июнь	1	0,81	0,93	0,84	0,89	0,82	0,89	0,76	0,86

Волгоградская область

Месяц	Декада	Группа 1		Группа 2	
		NDVI	LAI	NDVI	LAI
Май	1	0,71	0,77	0,78	0,83
Май	2	0,89	0,91	0,86	0,86
Май	3	0,89	0,92	0,86	0,86
Июнь	1	0,87	0,89	0,81	0,84

Уточненные регрессионные модели

для районов Ростовской области

Месяц	Декада	Коэффициенты уравнений за период 2012-2016 гг.			Коэффициенты уравнений за период 2012-2017 гг.		
		a	b	c	a	b	c
Май	2	0	-0,44	0,51	0	-0,37	0,59
Май	3	0	-0,36	0,79	0	-0,31	0,80
Июнь	1	0	-	0,71	0	-	0,81

a – свободный член

b – коэффициент при дефиците влажности воздуха

c – коэффициент при NDVI

Месяц	Декада	Коэффициенты уравнений за период 2012-2016 гг.			Коэффициенты уравнений за период 2012-2017 гг.		
		a	b	c	a	b	c
Май	2	0	-0,43	0,56	0	-0,33	0,66
Май	3	0	-0,30	0,86	0	-0,22	0,87
Июнь	1	0	-	0,90	0	-	0,93

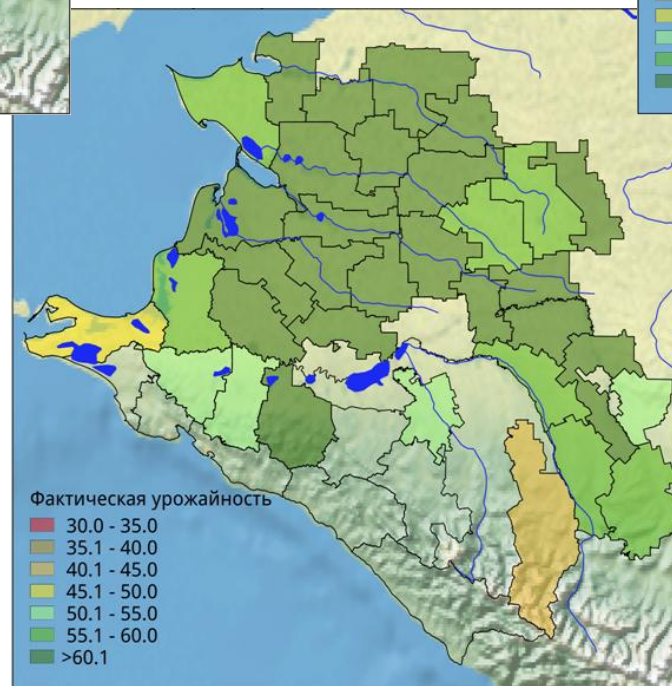
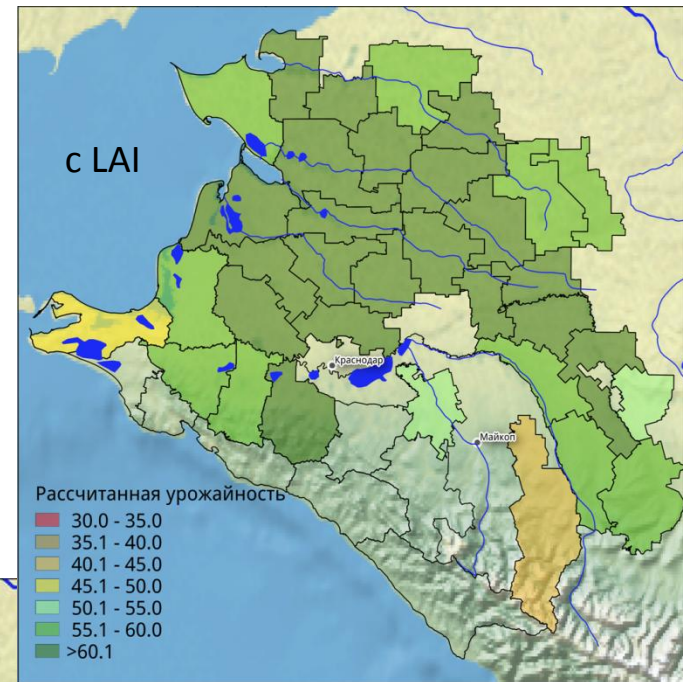
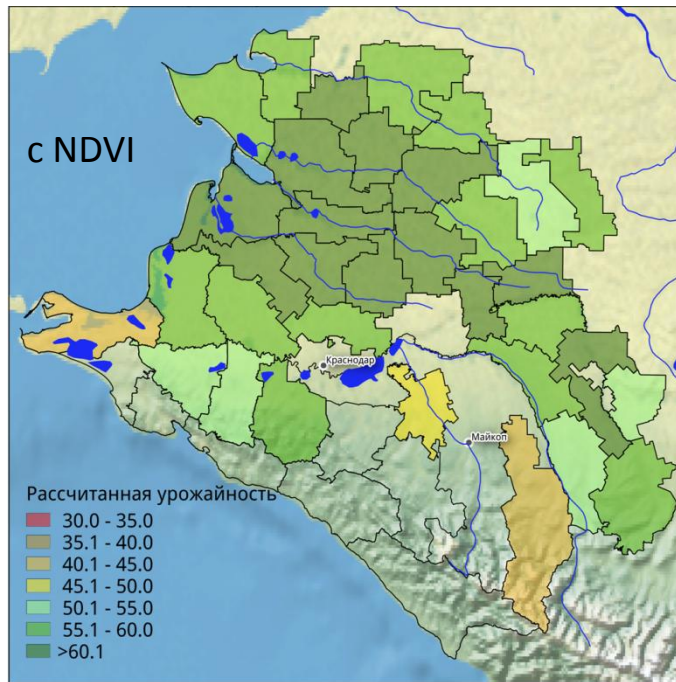
a – свободный член

b – коэффициент при дефиците влажности воздуха

c – коэффициент при LAI

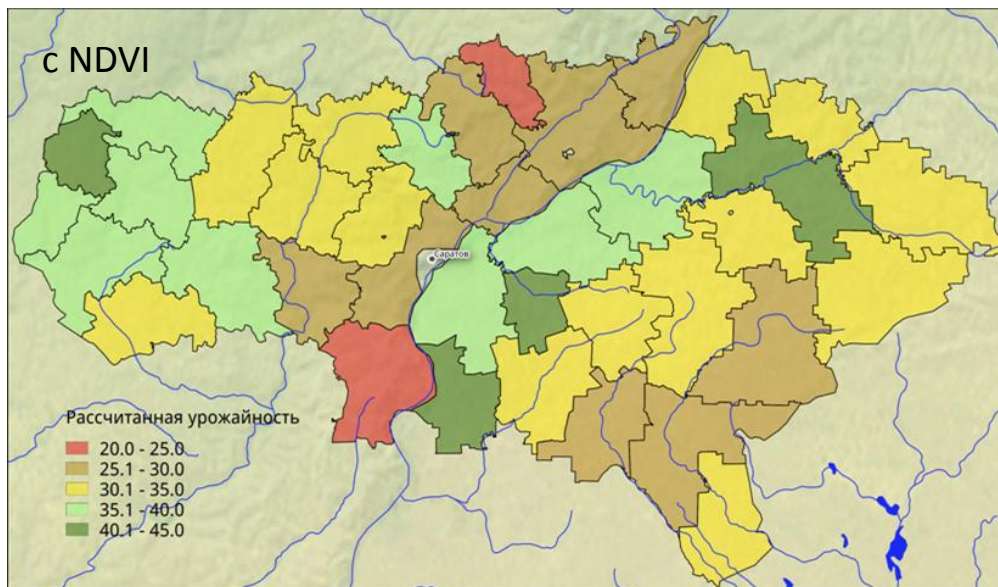
Сравнение рассчитанных и фактических районных урожайностей озимой пшеницы, Краснодарский край

3 декада мая 2017 г.



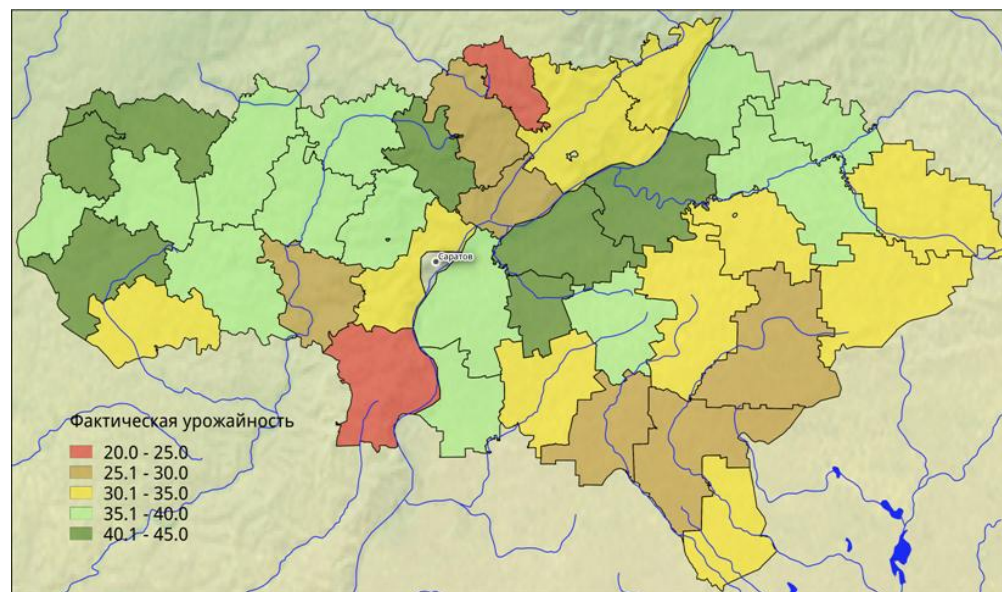
Сравнение рассчитанных и фактических районных урожайностей озимой пшеницы, Саратовская область

с NDVI



2017 июнь 1 декада

Относительная ошибка, %	Количество районов	Процент районов, %
менее 5	22 из 38	58
от 5 до 10	11 из 38	29
более 10	5 из 38	13

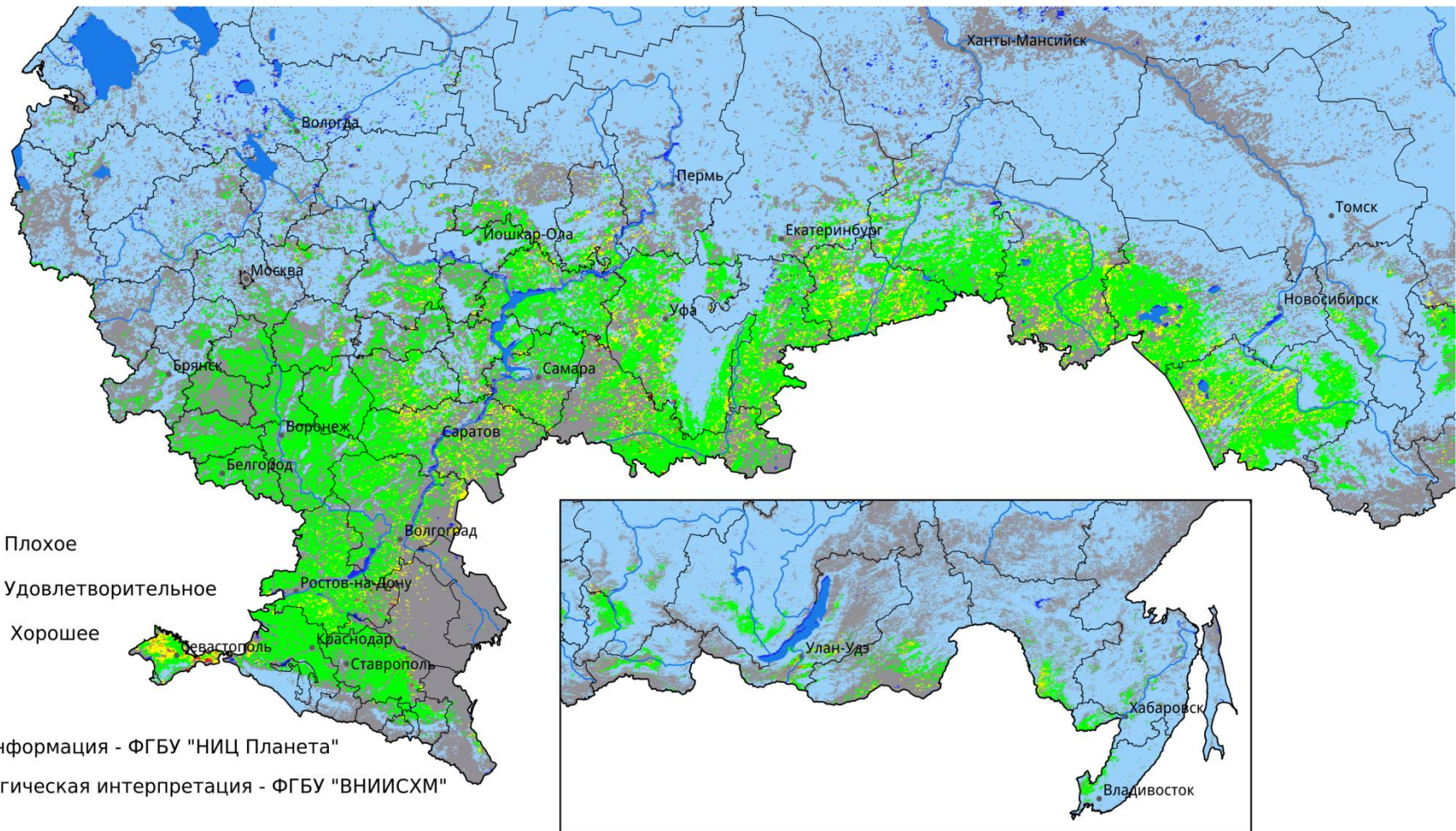


**Краснодарский край, 38 районов,
средняя относительная ошибка, %**

Декада	Существующий метод (NDVI), %	Новый метод (NDVI), %	Новый метод (LAI), %
3 декада апреля	13,39	5,68	6,36
1 декада мая	18,73	7,57	6,09
2 декада мая	16,21	3,92	4,27
3 декада мая	7,94	3,62	2,68
1 декада июня	10,3	3,60	2,34

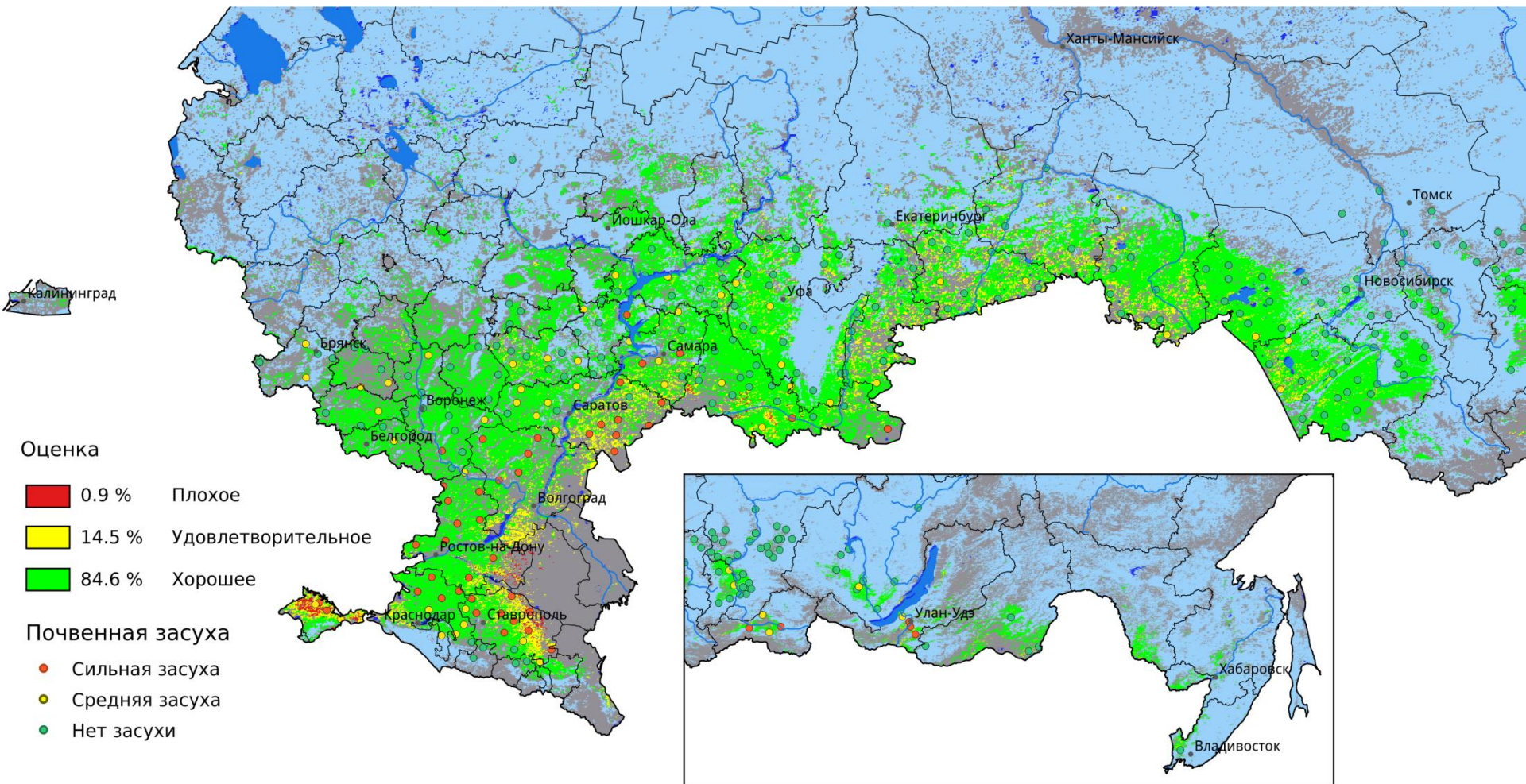
Карта оценки состояния посевов на территории Российской Федерации

Оценка агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур на конец 1 декады июня 2018 г.



Карта оценки состояния посевов по спутниковой информации и почвенной засухе по наземным данным

Оценка агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур на конец 2 декады июня 2018 г.

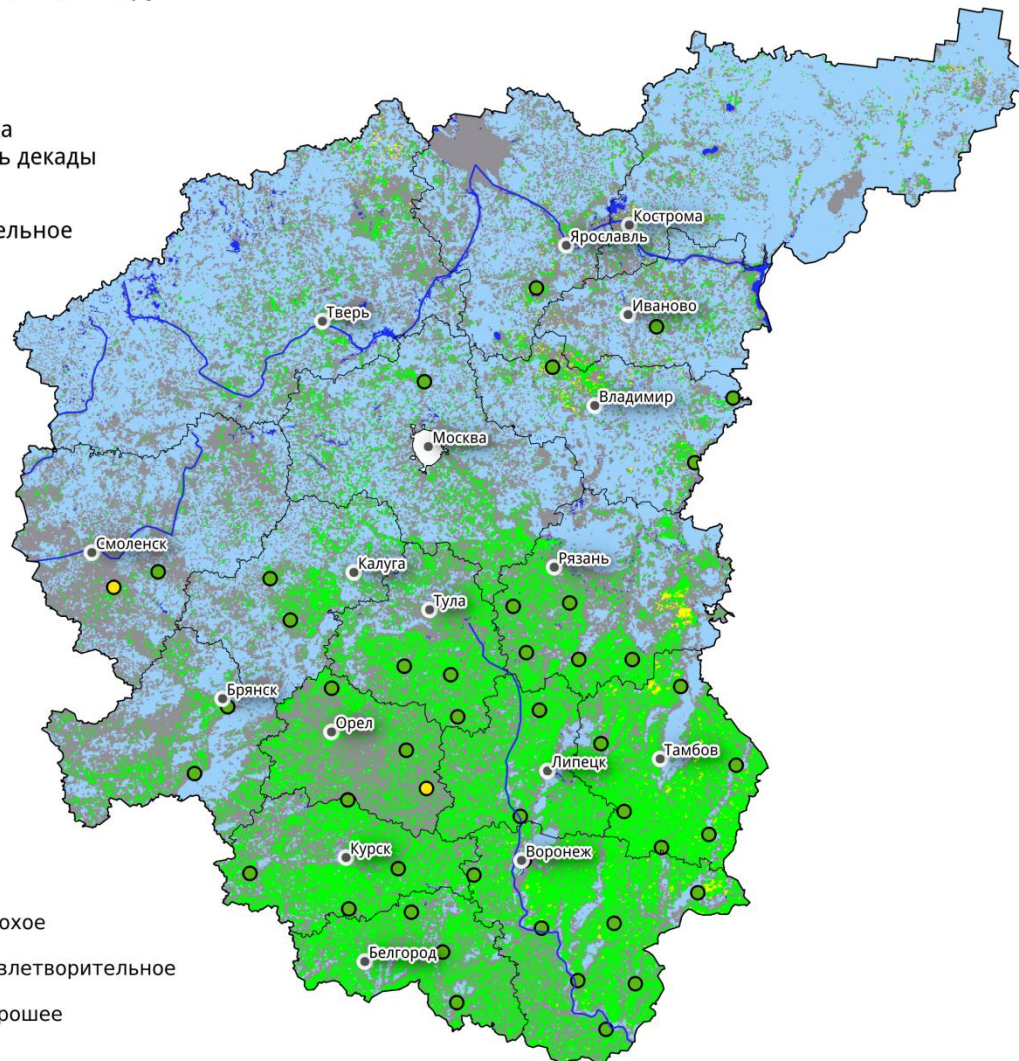
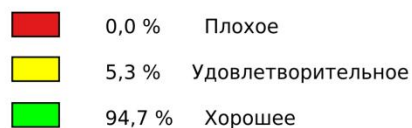


Карта оценки состояния посевов совместно с наземными данными для Центрального ФО (визуальная оценка на последний день декады)

Состояние сельскохозяйственных (зерновых) культур на конец 1 декады июня 2018 г.
Центральный федеральный округ

Визуальная оценка
на последний день декады

- Плохое
- Удовлетворительное
- Хорошее

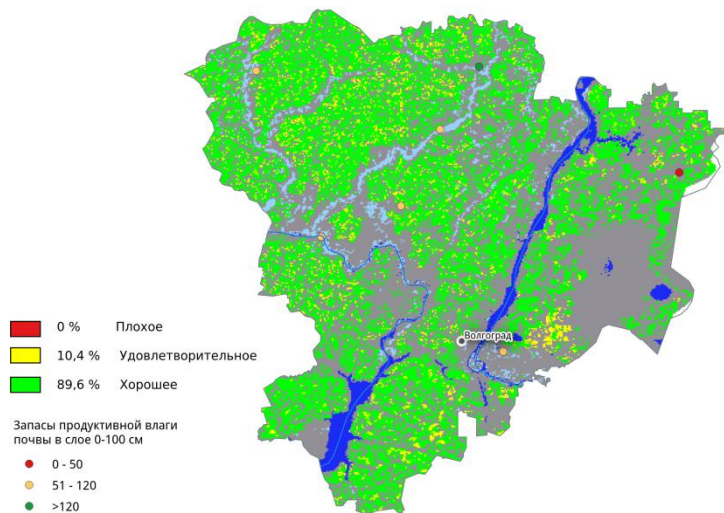


Спутниковая информация - ФГБУ "НИЦ Планета"

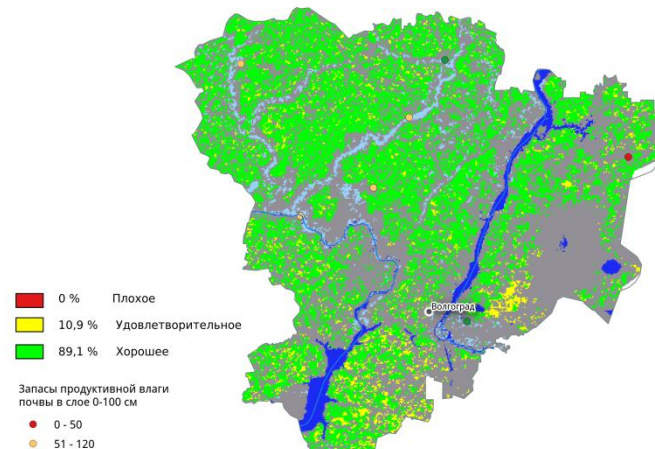
Агрометеорологическая интерпретация - ФГБУ

Карта оценки состояния посевов совместно с наземными данными (запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см), Волгоградская область

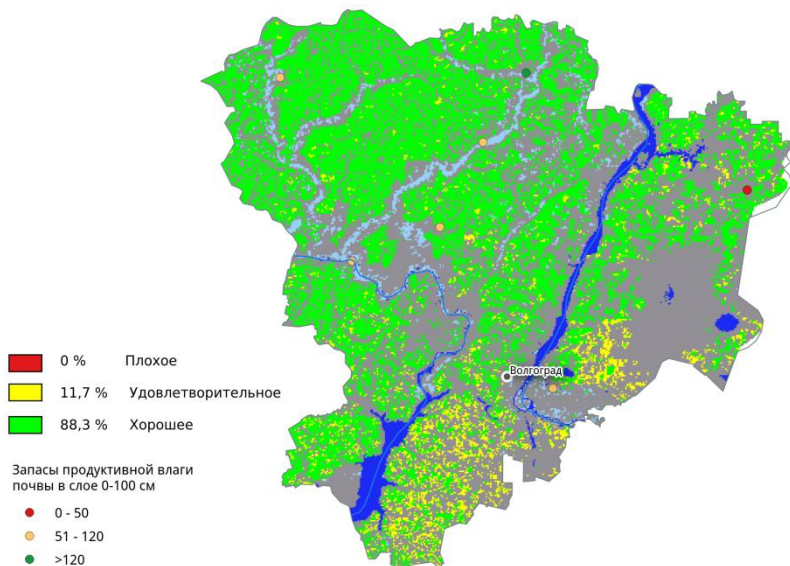
2017 июнь 1 декада

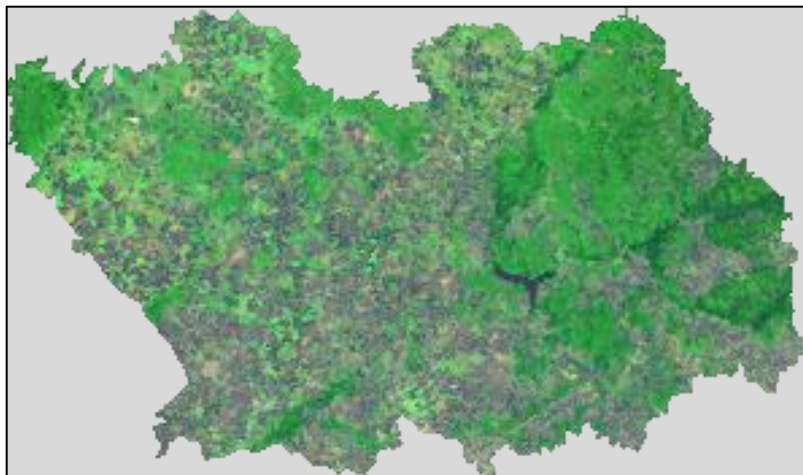


2017 июнь 2 декада

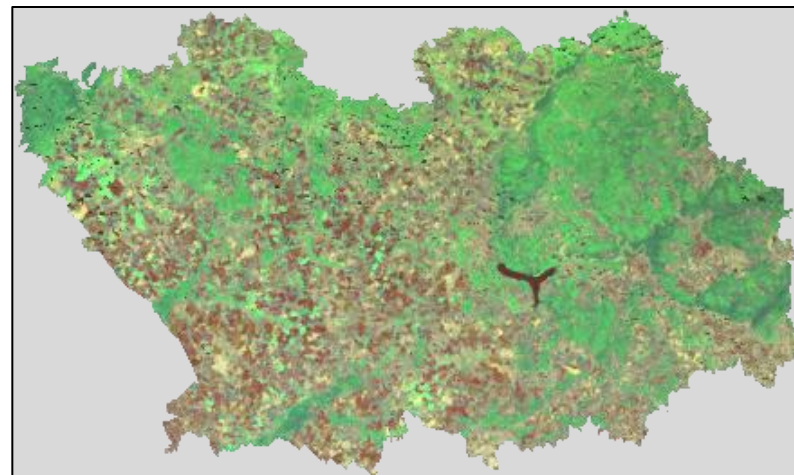


2017 июнь 3 декада

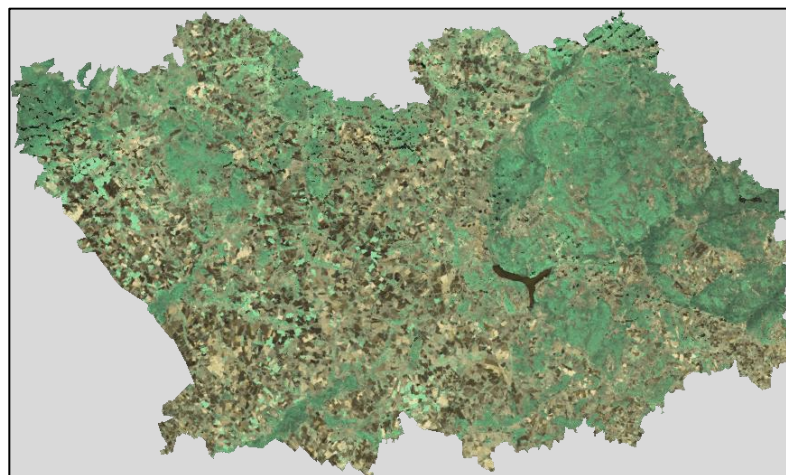




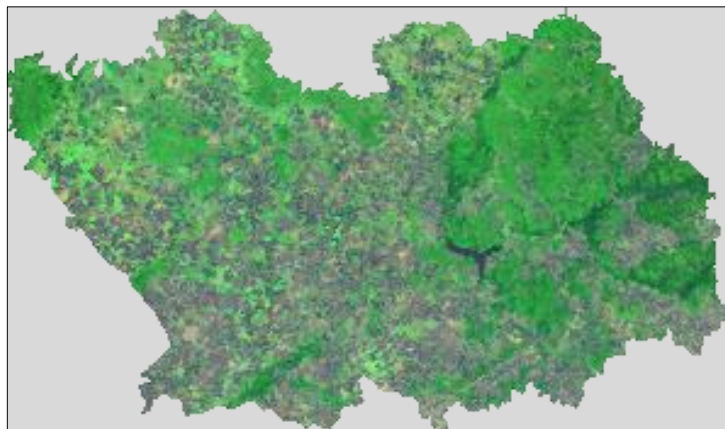
AVHRR NOAA, 1 km



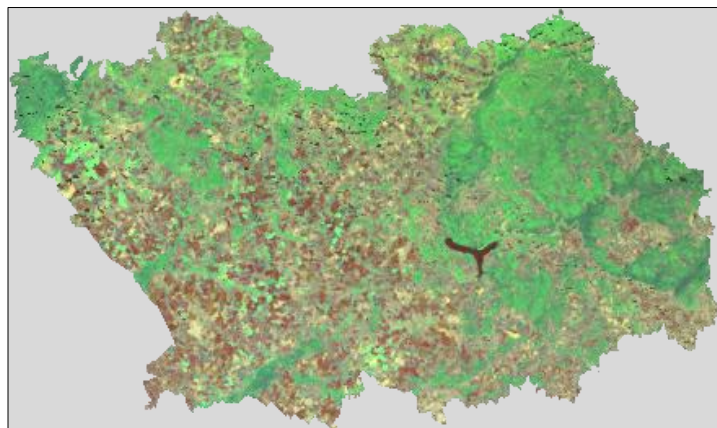
VIIRS SUOMI NPP, 750 m



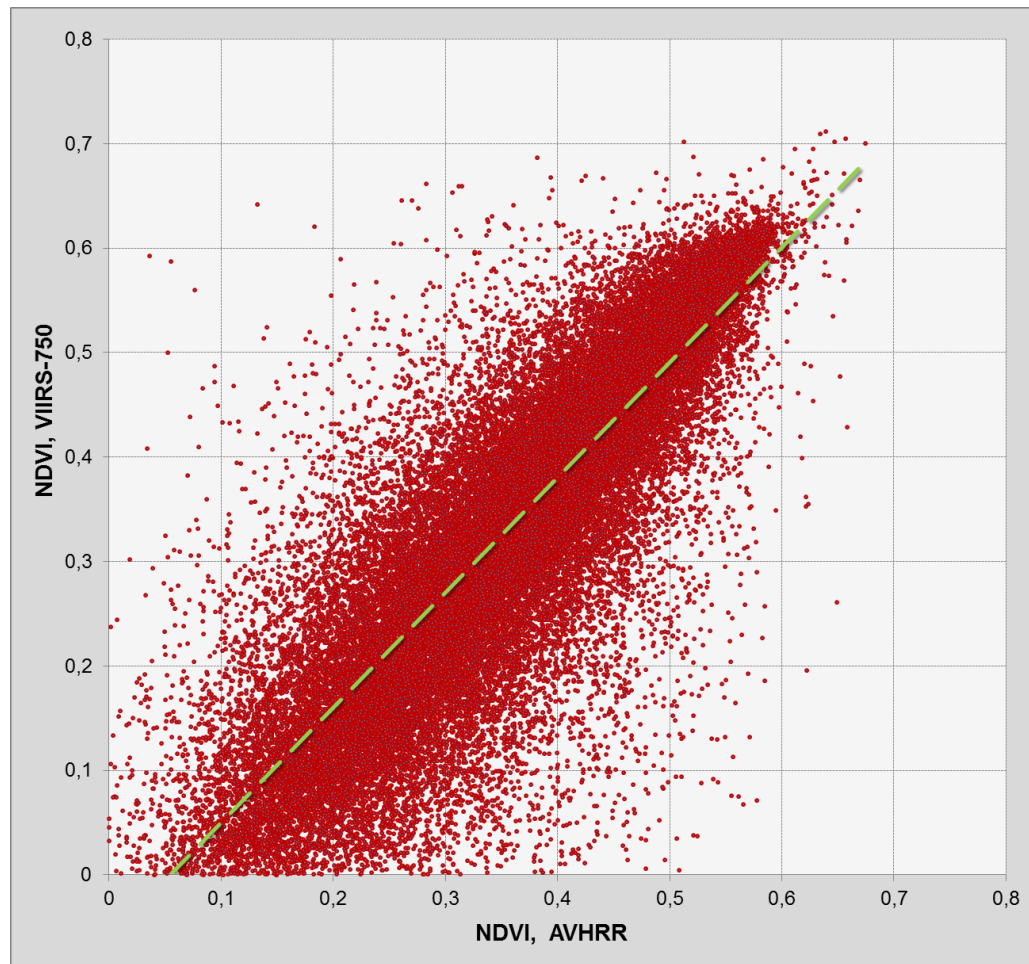
VIIRS SUOMI NPP, 375 m



AVHRR NOAA, 1 km



VIIRS SUOMI NPP, 750 m



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ