

# Возможности расчётов количественной оценки состояния озимых зерновых культур в период прекращения вегетации в Центральном федеральном округе России на основе комплексирования наземных и спутниковых данных

XIV Всероссийская Открытая конференция  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

14-18 ноября 2016 г., г. Москва, ИКИ РАН

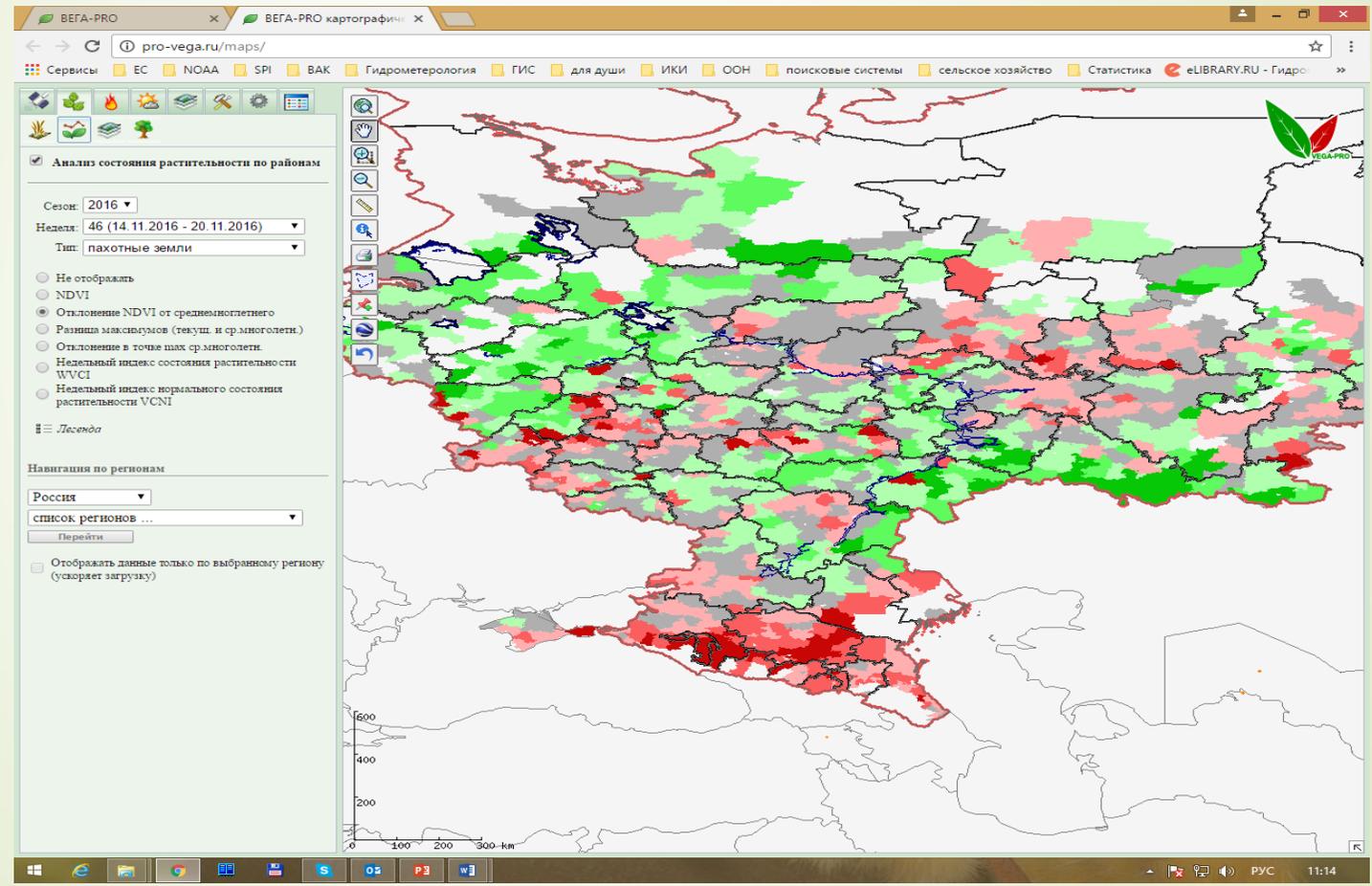
Авторы: О.В. Береза<sup>1</sup>, А.И. Страшная<sup>1</sup>, С.А. Барталев<sup>2</sup>  
**(1)** ФГБУ «Гидрометцентр России»  
**(2)** ИКИ РАН

При агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства России Росгидромет большое внимание уделяет всесторонней оперативной информации о влиянии складывающихся и ожидаемых погодных условиях, особенно экстремальных, на состояние и формирование продуктивности сельскохозяйственных культур.

**Важной составляющей** такой информации **являются оценки состояния озимых зерновых культур не только в период весенне-летней вегетации, но и состояние их осенью перед «уходом» в зимовку.**

Для оперативных докладов в органы власти и управления АПК о состоянии озимых культур ко времени прекращения вегетации Гидрометцентром России использовались не только данные наблюдений гидрометстанций, результаты маршрутных обследований посевов, но по отдельным территориям (центрально-чернозёмные области, территории деятельности Северо-Кавказского и Приволжского УГМС) и данные спутниковых наблюдений, представляемые «ВНИИСХМ». Однако фрагментарность представляемой в то время спутниковой информации и уменьшение количества пунктов наземных наблюдений вызвали необходимость поиска новых способов наблюдений за посевами озимых для оценки их состояния, которые были бы достаточно надежны, однородны и выполнялись на регулярной основе с четкой периодичностью.

К новым информационным системам дистанционного мониторинга относится разработанный ИКИ РАН специализированный спутниковый веб-сервис ВЕГА (<http://pro-vega.ru>), который используется специалистами-агрометеорологами Гидрометцентра России для анализа оперативных и исторических данных о динамике вегетационного индекса (NDVI) для оценки состояния сельскохозяйственных культур.



В Центральном федеральном округе озимые пшеница и рожь – ведущие культуры региона. В зерновом балансе округа их доля составляет **до 55-65%** от общего валового зерна в округе. Мониторинг состояния этих культур, особенно в конце вегетации, определение размеров площадей в плохом состоянии озимых имеет важное значение не только для прогнозирования исхода их перезимовки, но и для прогноза урожайности этих культур и поэтому является важным разделом агрометеобеспечения сельского хозяйства.

В 2015-2016 гг. была поставлена задача **разработки количественного метода расчёта площадей озимых культур в плохом состоянии в период прекращения вегетации по территории Центрального федерального округа**, в южной половине которого нередки засухи в период сева и начальной вегетации озимых, которые способствуют ухудшению состояния посевов.

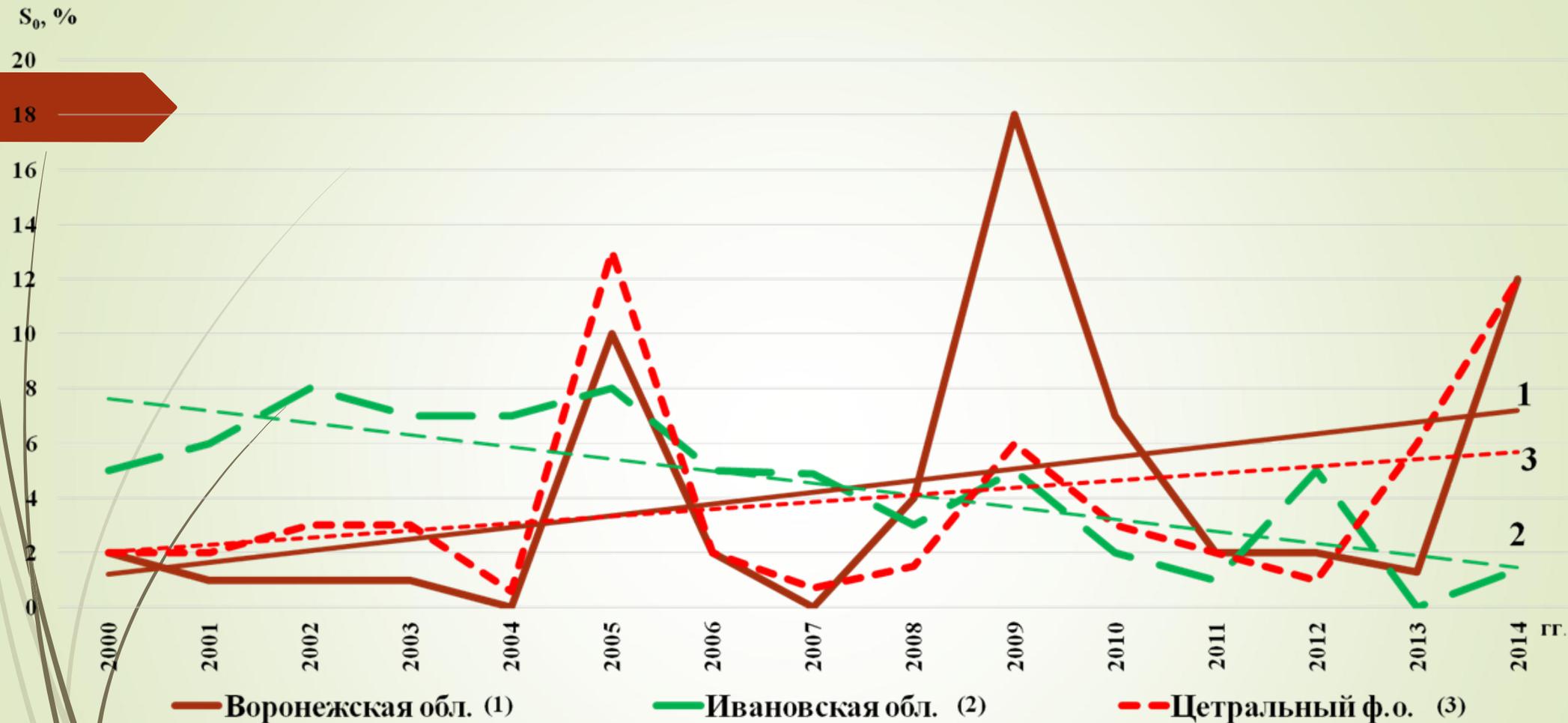
***Наземная информация с сети гидрометстанций Росгидромета (всего анализировалось 12 параметров, из них наиболее значимые):***

- ❖ количество осадков за август-сентябрь, % нормы;
- ❖ Сумма эффективных температура воздуха за период вегетации;
- ❖ запасы продуктивной влаги в почве под озимыми за сентябрь;
- ❖ Показатель растительной массы, выраженный произведением кустистости на высоту растений, в период от появления всходов до прекращения осенней вегетации по декадам и месяцам этого периода;
- ❖ Данные маршрутных обследований озимых культур (включающие степень развития растений, высоту, густоту, засоренность и в целом оценку состояния посевов в градациях «хорошее», «удовлетворительное» и «плохое» в процентах от общей посевной площади в субъекте);
- ❖ Индекс Д.А.Педя за сентябрь

***Спутниковая информация***

- ❖ архив спутниковых данных сервиса ВЕГА (выбирались значения вегетационного индекса NDVI, максимально близкие к декадам вегетации) за период 2003-2015 гг.

**Все используемые агрометеорологические данные и NDVI по декадам и месяцам рассчитывались в**



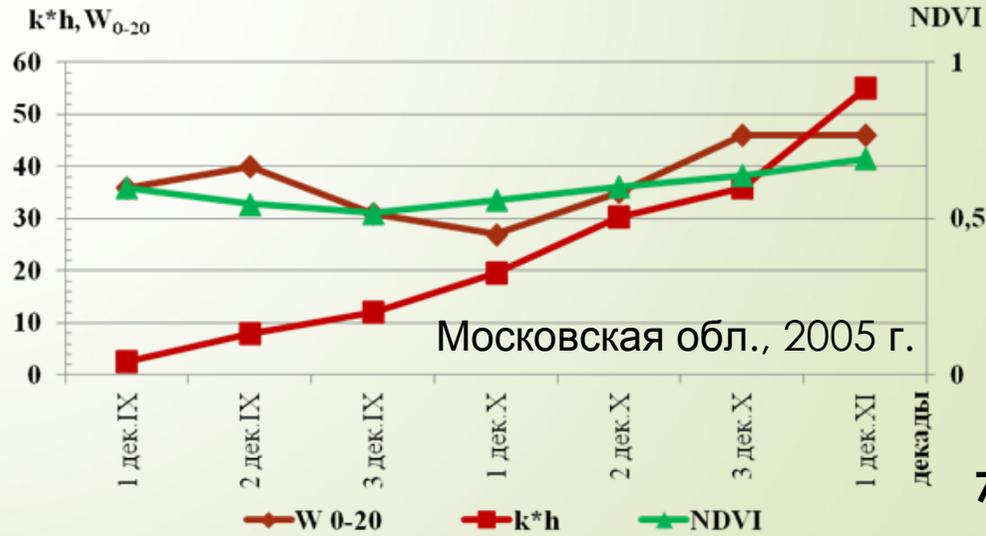
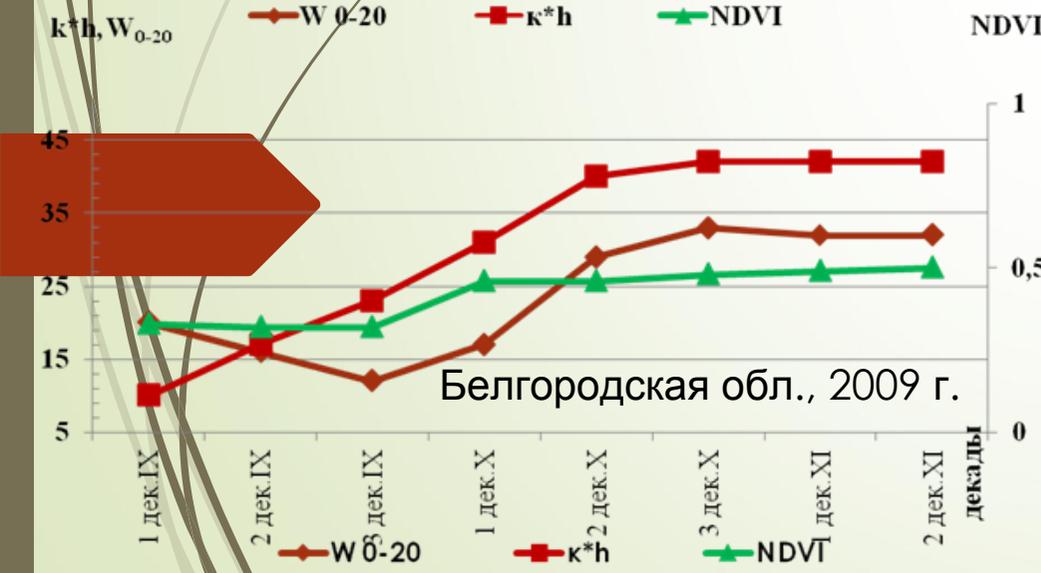
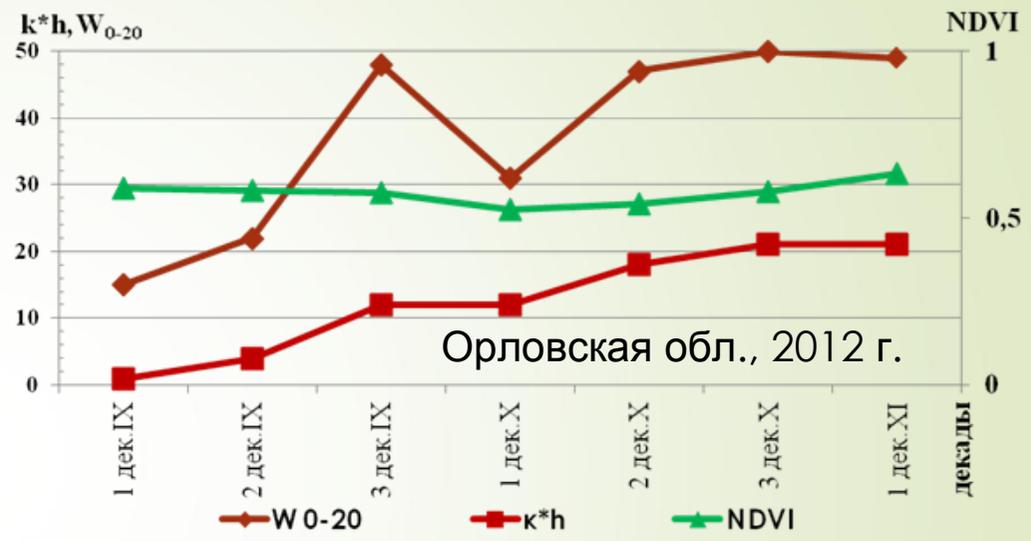
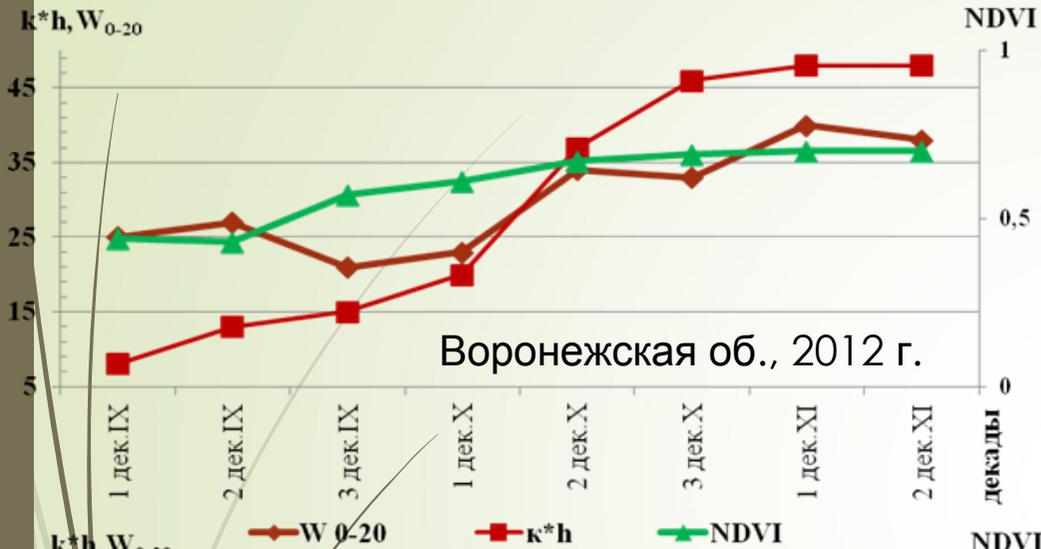
Динамика площадей в плохом состоянии озимых зерновых культур ( $S_0$ , %) по Воронежской, Ивановской областям и Центральному федеральному округу осенью (2000-2014 гг.).

Риски (вероятность, %) сильных атмосферных засух в Центральном федеральном округе (ГТК≤0,60) за период 1966-2015 гг.

Изменчивость (СКО) сильных засух (ГТК≤0,60) в августе в Центральном федеральном округе за периоды 1982-1998 гг. и 1999-2015 гг. **6**

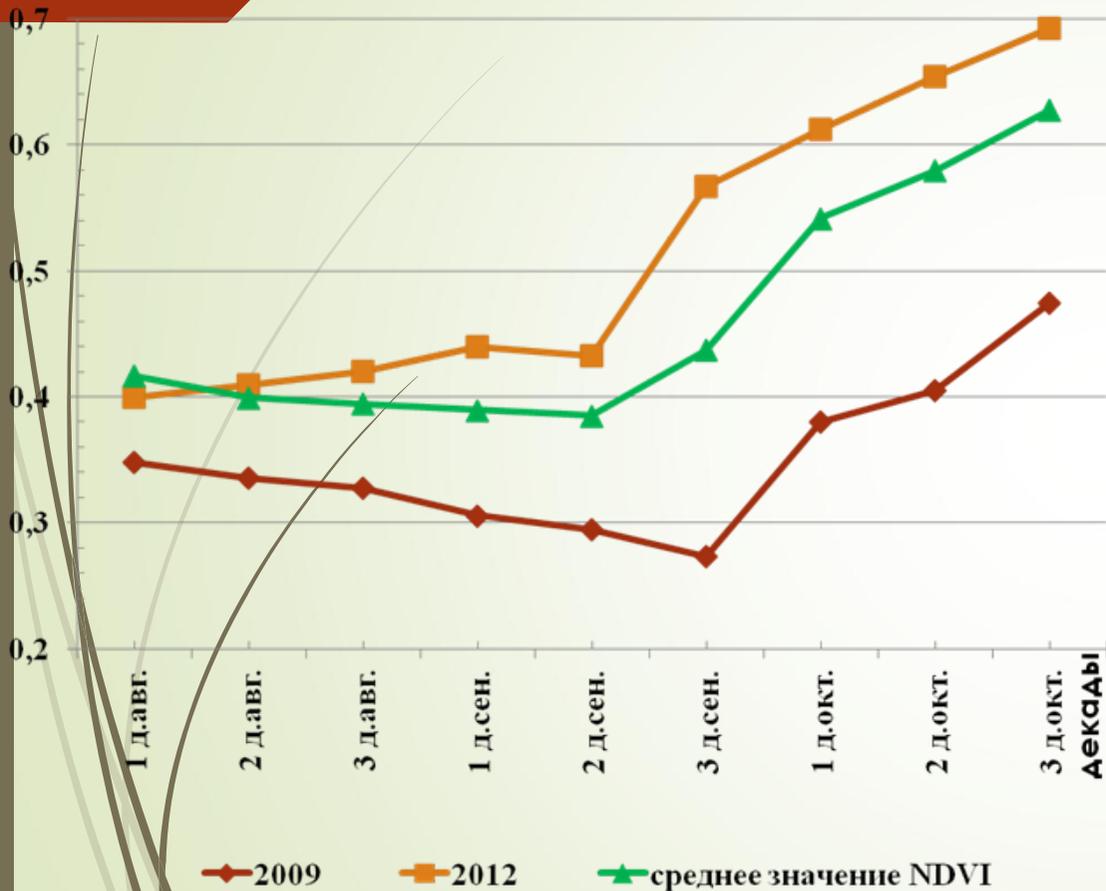
Субъект	Вероятность, %		Субъект	1982-1998 гг.		1999-2015 гг.	
	август	сентябрь		Среднее значение ГТК	СКО	Среднее значение ГТК	СКО
Белгородская обл.	40	32	Белгородская обл.	0,86	0,41	0,65	0,49
Брянская	20	16	Брянская	1,20	0,69	1,01	0,56
Владимирская	22	6	Владимирская	1,24	0,57	1,06	0,55
Воронежская	50	36	Воронежская	0,73	0,33	0,56	0,38
Ивановская	16	10	Ивановская	1,27	0,65	0,99	0,53
Калужская	24	8	Калужская	1,24	0,82	1,18	0,69
Костромская	8	4	Костромская	1,50	0,71	1,32	0,55
Курская	32	20	Курская	0,96	0,35	0,78	0,63
Липецкая	30	20	Липецкая	0,85	0,39	0,83	0,62
Московская	12	4	Московская	1,35	0,68	1,20	0,62
Орловская	30	10	Орловская	1,21	0,63	0,95	0,76
Рязанская	20	16	Рязанская	0,92	0,43	0,99	0,51
Смоленская	12	8	Смоленская	1,41	0,98	1,33	0,66
Тамбовская	44	34	Тамбовская	0,75	0,32	0,74	0,46
Тверская	6	2	Тверская	1,51	0,70	1,42	0,58
Тульская	30	12	Тульская	1,16	0,80	1,25	0,83
Ярославская	10	2	Ярославская	1,58	0,74	1,24	0,54

# Динамика запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см ( $W_{0-20}$ ), показателя растительной массы озимых культур ( $k^*h$ ) и вегетационного индекса NDVI



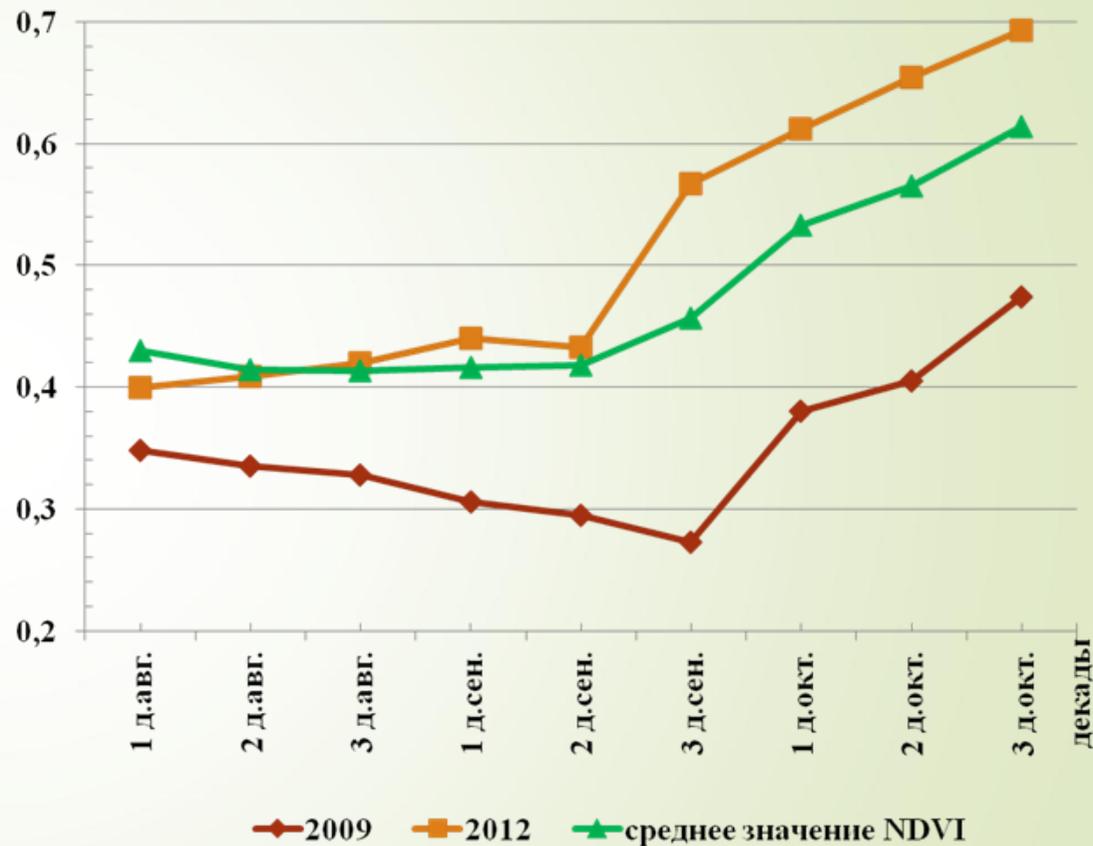
# Динамика NDVI

NDVI



Воронежская обл.

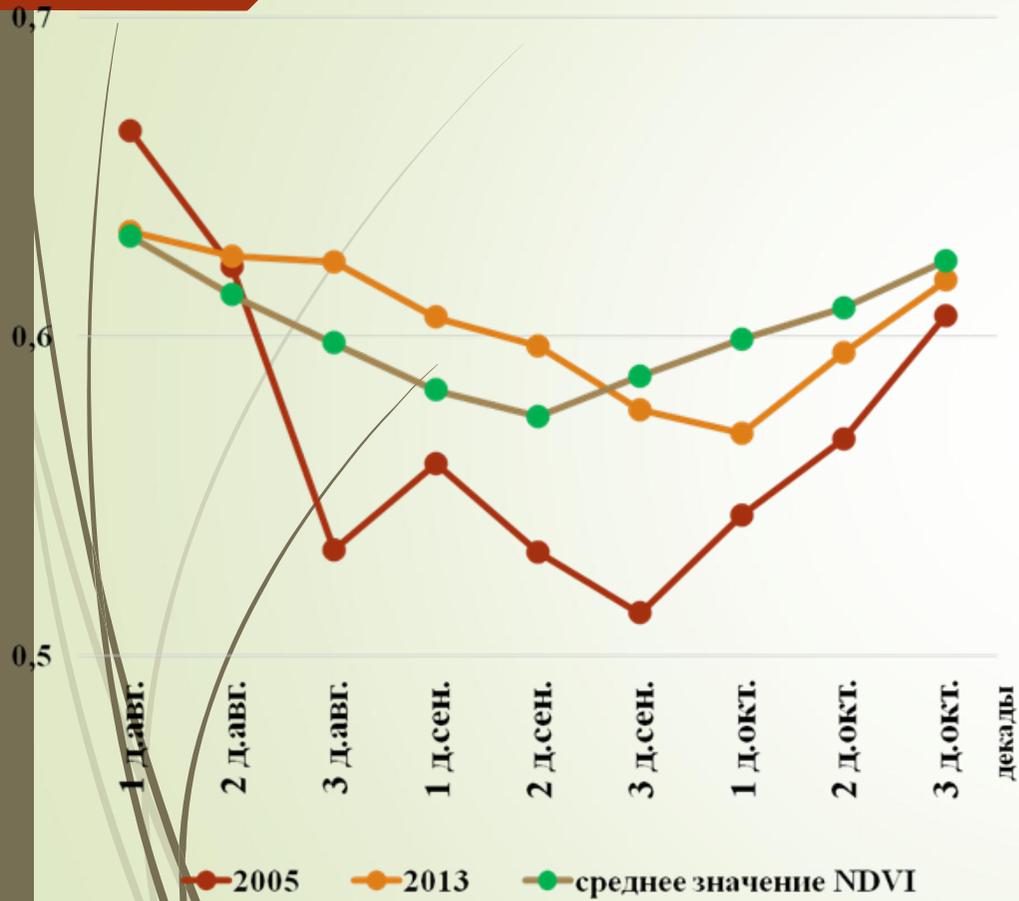
NDVI



Белгородская обл.

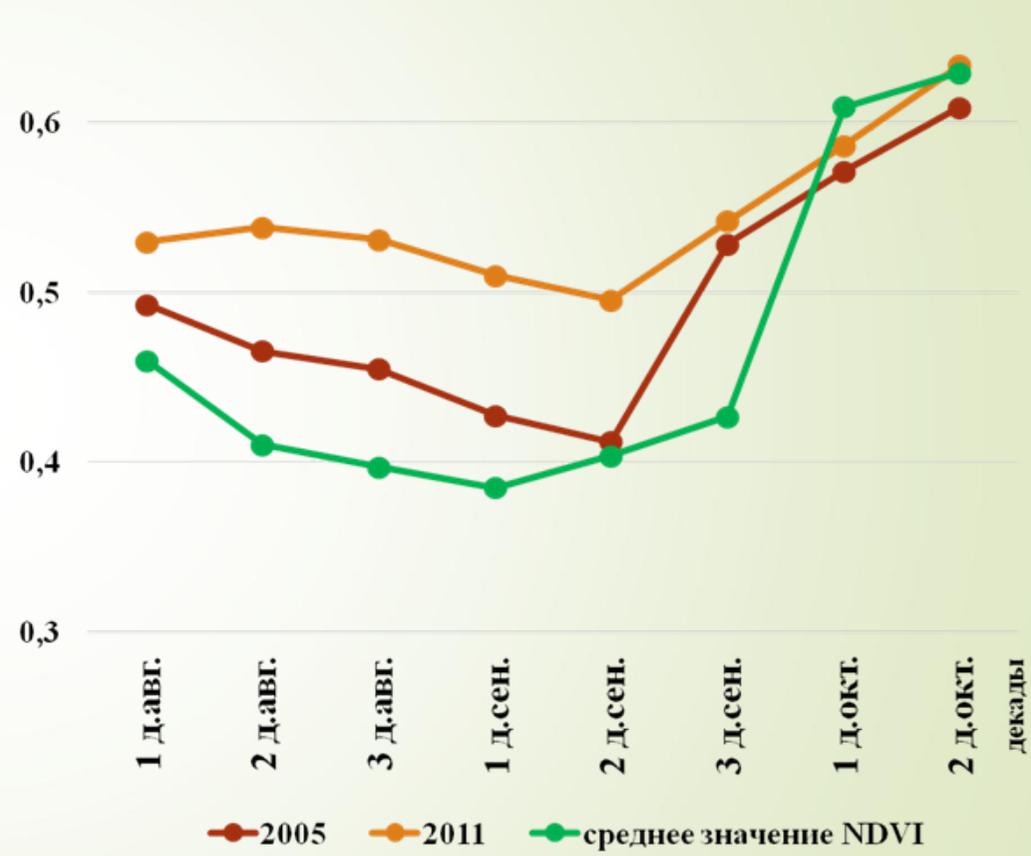
# Динамика NDVI

NDVI



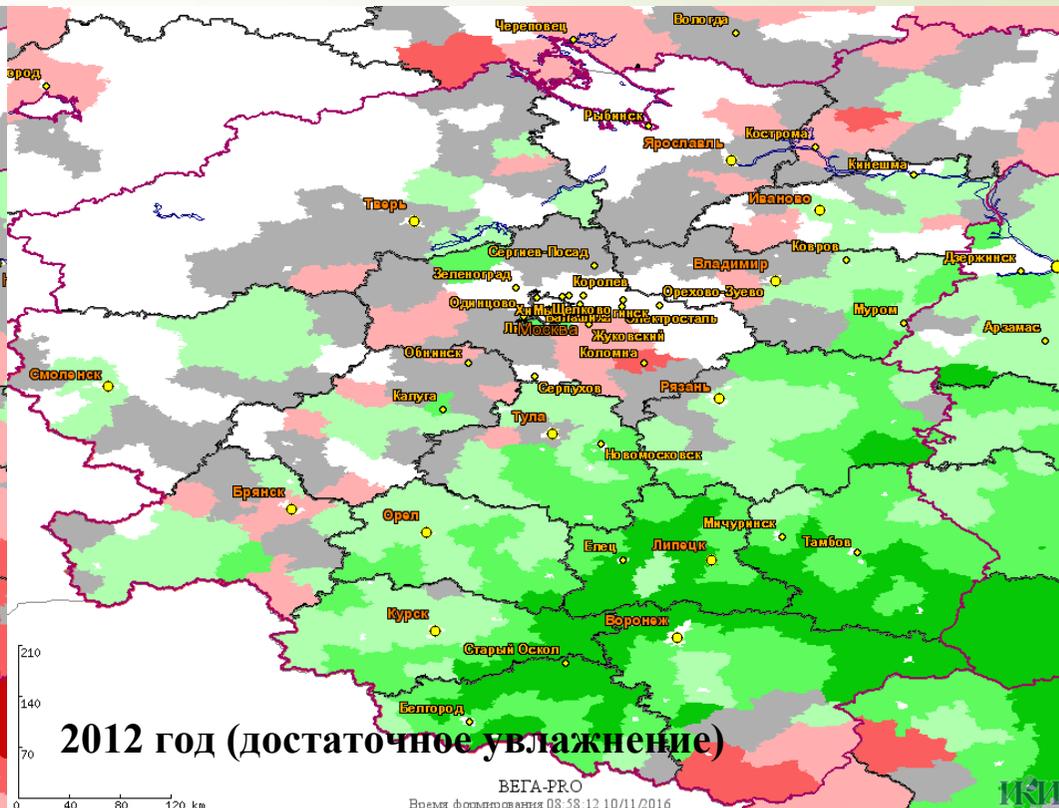
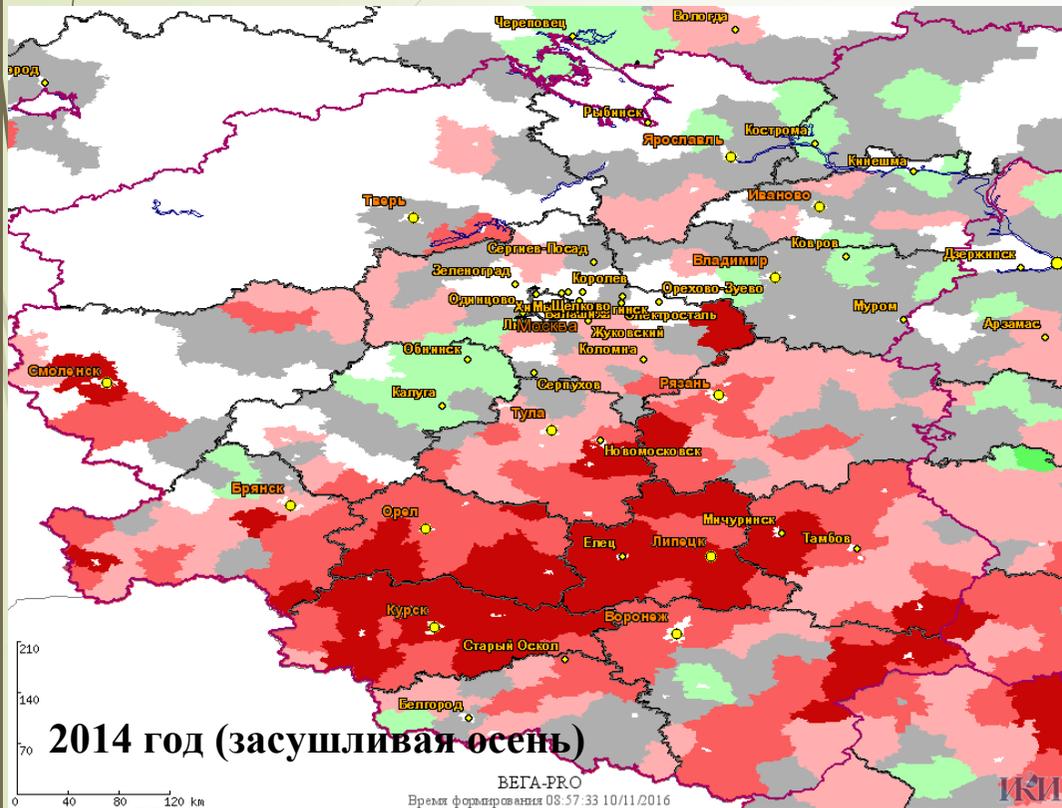
Ивановская обл.

NDVI



Московская обл.

# Состояние озимых культур по спутниковым данным на конец вегетации озимых осенью в Центральном федеральном округе



При разработке количественного метода расчетов площадей с плохим состоянием озимых зерновых культур ко времени прекращения вегетации учитывая разнообразие агроклиматических ресурсов на территории округа, было выделено четыре группы субъектов по уровню тепло- и влагообеспеченности в осенний период и динамике  $S_0$ :

1 группа - Белгородская, Воронежская области;

2 группа - Липецкая, Тамбовская, Курская области;

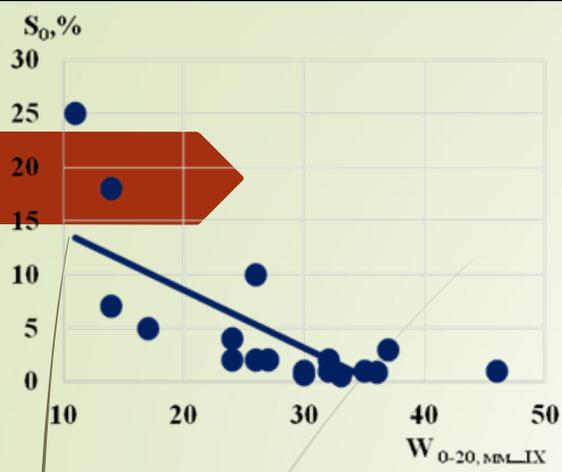
3 группа - Брянская, Орловская, Калужская, Тульская, Рязанская, Смоленская области;

4 группа - Московская, Владимирская, Ивановская, Тверская, Ярославская, Костромская области.

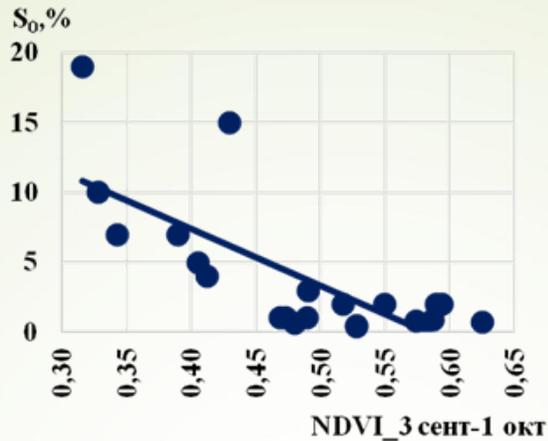
Наиболее значимыми на преобладающей территории (в наибольшей степени влияющие на  $S_0, \%$ ) оказались средние за три декады сентября запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы, сумма осадков за август-сентябрь в % нормы, индекс засушливости Д.А. Педя (разность нормированных отклонений температуры воздуха и суммы осадков за сентябрь ( $Si_{ix}$ ), растительная масса растений и NDVI, а на севере округа и сумма эффективных температур за сентябрь.

*Коэффициенты корреляции  $S_0, \%$  с агрометеорологическими параметрами и NDVI*

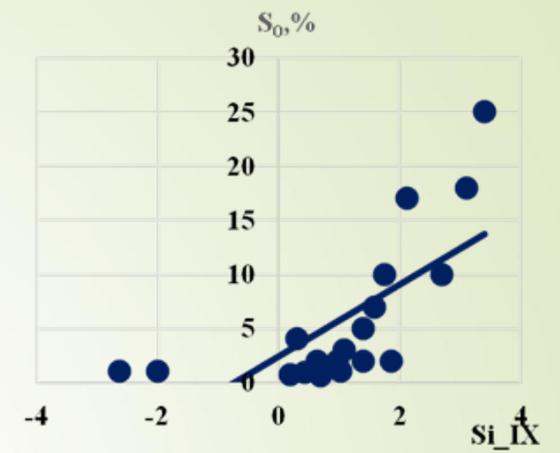
Параметры	I группа	II группа	III группа	IV группа
$W_{0-20}$ (мм), IX	0,64-0,72	0,45-0,57	0,42-0,49	
$\Sigma P_{VIII-IX}, \%N$	0,48-0,67	0,45-0,65	0,42-0,56	
$Si_{ix}$	0,49-0,68			
$k^*h$	0,59-0,68	0,50-0,65	0,44-0,52	0,32-0,43
$\Sigma T^{эф}_{IX}$			0,42-0,51	0,48-0,60
NDVI	0,63-0,78	0,53-0,60	0,45-0,60	0,33-0,44



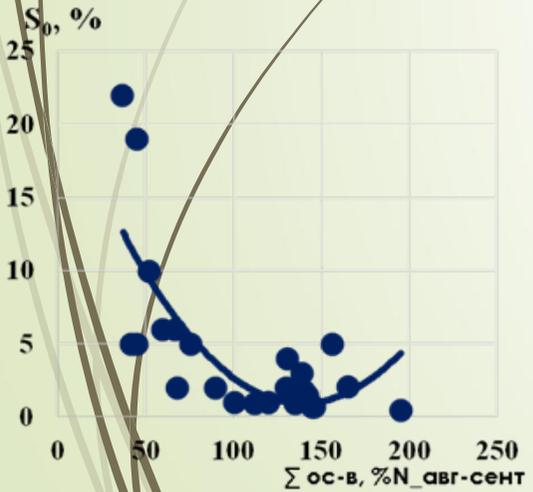
Зависимость  $S_0$  от запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы за сентябрь по Белгородской и Воронежским областям.



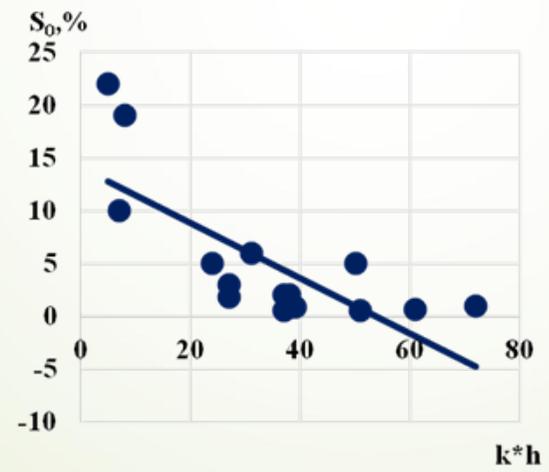
Зависимость  $S_0$  от NDVI за третью-декаду сентября-первую декаду октября по Белгородской и Воронежским областям.



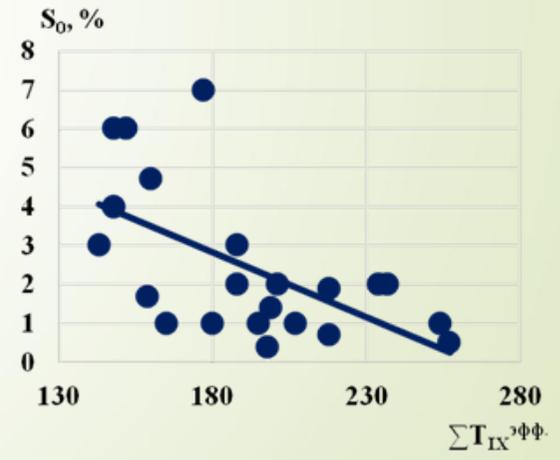
Зависимость  $S_0$  от  $S_i$  за сентябрь от по Белгородской и Воронежским областям.



Зависимость  $S_0$  от суммы эффективных Осадков за август-сентябрь по Липецкой и Тамбовской областям.



Зависимость  $S_0$  от растительной массы на конец вегетации по Липецкой и Тамбовской областям.



Зависимость  $S_0$  от суммы эффективных температур воздуха за сентябрь по Московской, Ивановской, Костромской областям.

# Значения коэффициентов регрессии уравнений и коэффициентов

Ур-е	По наземным данным									По наземным и спутниковым данным									
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>8</sub>	C	R <sup>2</sup>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	C	R <sup>2</sup>	
I группа																			
1	-2,868	0,047						43,834	0,75	-2,247	0,037						-15,030	42,460	<b>0,83</b>
2			-0,112					15,386	0,61			-0,052					-33,747	25,854	<b>0,75</b>
3				1,792	0,795			0,60	0,57				1,369	0,422			-45,310	24,610	<b>0,79</b>
II группа																			
1	-1,377	0,018						26,945	0,48	-0,705	0,009						-35,676	33,380	<b>0,70</b>
2			-0,081					12,667	0,44			-0,029					-44,291	29,360	<b>0,60</b>
3				<b>0,095</b>	<b>0,365</b>			<b>0,70</b>	<b>0,53</b>				<b>1,269</b>	<b>-0,298</b>			<b>-57,756</b>	<b>32,620</b>	<b>0,65</b>

В приведенной таблице коэффициенты при:

a<sub>1</sub> – запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы ( $W_{0-20 (мм), IX}$ ); a<sub>2</sub> – запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы ( $W_{0-20 (мм), IX}$ ) в квадрате; a<sub>3</sub> – сумме осадков, в % нормы за август-сентябрь ( $\Sigma P_{VIII-IX, \%N}$ ); a<sub>4</sub> – индексе засушливости Д.А. Педя за сентябрь ( $Si_{IX}$ ); a<sub>5</sub> – индексе засушливости Д.А. Педя за сентябрь в квадрате ( $Si_{IX}^2$ ); a<sub>6</sub> – сумме эффективных температур воздуха за сентябрь ( $\Sigma T_{эф, IX}$ ); a<sub>7</sub> – вегетационном индексе NDVI; a<sub>8</sub> – показателе растительной массы озимых (k\*h);

C – свободный член уравнения; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации.

# Значения коэффициентов регрессии уравнений и коэффициентов детерминации

Урав- е	По наземным данным									По наземным и спутниковым данным									
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>8</sub>	C	R <sup>2</sup>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	C	R <sup>2</sup>	
<b>III группа</b>																			
1	-2,573	0,038						41,244	0,69	-2,718	0,041						-21,931	54,704	0,78
2							-0,156	6,131	0,46								-35,777	21,088	0,45
3						-0,069		22,408	0,57						-0,054	-17,071	26,881		0,69
<b>IV группа</b>																			
1						-0,041		10,90 8	0,40						0,044	-8,651	17,052		0,44
2																			

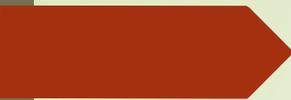
В приведенной таблице коэффициенты при:

a<sub>1</sub> – запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы ( $W_{0-20 (мм), IX}$ ); a<sub>2</sub> – запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы ( $W_{0-20 (мм), IX}$ ) в квадрате; a<sub>3</sub> – сумме осадков, в % нормы за август-сентябрь ( $\Sigma P_{VIII-IX, \%N}$ ); a<sub>4</sub> – индексе засушливости Д.А. Педя за сентябрь ( $Si_{IX}$ ); a<sub>5</sub> – индексе засушливости Д.А. Педя за сентябрь в квадрате ( $Si_{IX}^2$ ); a<sub>6</sub> – сумме эффективных температур воздуха за сентябрь ( $\Sigma T^{эф}_{IX}$ ); a<sub>7</sub> – вегетационном индексе NDVI; a<sub>8</sub> – показателе растительной массы озимых ( $k \cdot h$ );

C – свободный член уравнения; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации.

# Выводы:

1. Предложенные методы оценки состояния озимых зерновых культур, основанные на комплексировании наземных и спутниковых данных, после проведения производственных испытаний могут быть использованы в оперативном агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства на территории Центрального федерального округа для количественной оценки площадей озимых, находящихся в плохом состоянии осенью к моменту прекращения вегетации.
2. Выявлено, что эффективность приема комплексирования данных наземных наблюдений гидрометстанций и спутниковой информации более четко выражена в южной половине округа, где площади озимых большие и в осенний период озимые культуры часто испытывают дефицит влаги.
3. При условии интеграции данных спутникового сервиса ВЕГА и имеющегося в организациях Росгидромета методического и информационного обеспечения, основанного на данных наземных агрометеорологических наблюдений, создается новая возможность расчетов количественной оценки состояния озимых культур осенью для оперативного агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства на более высоком качественном уровне.
4. Эффективное использование этих возможностей позволяет вывести на принципиально новый технологический уровень решение задач объективного дистанционного мониторинга сельскохозяйственных культур, полезного для создания систем поддержки принятия управленческих и хозяйственных решений в растениеводческой отрасли.



*Благодарю за внимание!*

