



**Всероссийский НИИ
сельскохозяйственной метеорологии**



Мониторинг засух на основе комплексирования спутниковой и наземной информации

А.Д. Клещенко, О.В. Савицкая

13-17 ноября 2023 г., Москва

Основные разделы доклада

- Феномен засухи
- Центр мониторинга засух
- Оперативная система мониторинга засух по наземной метеорологической информации
- Система мониторинга засух на основе комплексирования спутниковой и наземной метеорологической информации

Определение засух по ВМО

- ✓ Метеорологическая засуха - осадки значительно меньше нормы в течение длительного времени
- ✓ Гидрологическая засуха - устойчивый дефицит поверхностного стока ниже нормы или уменьшение уровня грунтовых вод
- ✓ Сельскохозяйственная засуха - недостаток осадков, запасов влаги в почве, увеличение потерь ее на испарение, что приводит к заметному снижению урожаев с.- х. и поголовья скота

Регионы России, пострадавшие от засухи в 2010 г.



1 Самарская область	9 Республика Бурятия	17 Ульяновская область	25 Забайкальский край	33 Тверская область	41 Республика Дагестан
2 Республика Башкортостан	10 Кировская область	18 Белгородская область	26 Брянская область	34 Орловская область	
3 Оренбургская область	11 Челябинская область	19 Воронежская область	27 Удмуртская Республика	35 Пермский край	
4 Республика Татарстан	12 Астраханская область	20 Тамбовская область	28 Свердловская область	36 Республика Ингушетия	
5 Чувашская Республика	13 Республика Марий Эл	21 Пензенская область	29 Вологодская область	37 Ярославская область	
6 Волгоградская область	14 Рязанская область	22 Курганская область	30 Курская область	38 Московская область	
7 Саратовская область	15 Республика Калмыкия	23 Ивановская область	31 Липецкая область	39 Костромская область	
8 Нижегородская область	16 Республика Мордовия	24 Владимирская область	32 Тульская область	40 Смоленская область	

Состояние на осень 2010 года

Всего погибло сельскохозяйственных культур на площади 13 200 000 га

Это составляет:

- ✓ **29% от посевной площади субъектов, пострадавших от засухи**
- ✓ **17% от всей посевной площади в РФ**
- ✓ **30% от посевной площади, занятой зерновыми**

Снижение урожайности в годы с засухой

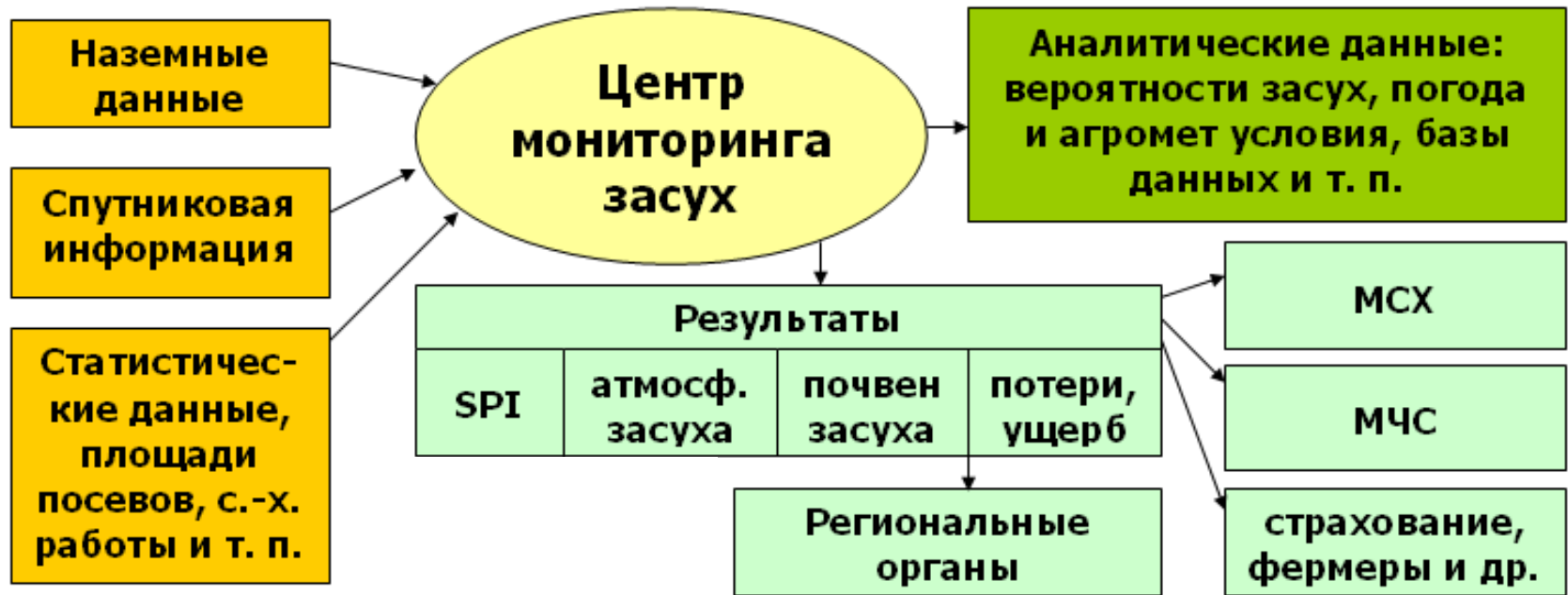
Yield reduction due droughts
(as percent of average yield)

Territory	Year	Yield reduction
Russia	1995	42
	1981	37
	1975	32
	1979	19
	1984	17
	1995	91
Center of European part of Russia	1981	89
	1979	88
	1984	77
	1975	19
	1975	100
Volga river region	1995	79
	1984	72
	1981	68
	1972	53
	1979	45
	1995	33
Region of Northern <u>Caucasia</u>	1979	36
	1975	30

Центр мониторинга засух

- ✓ **Создан в 2002 г. Росгидрометом**
- ✓ **Основание: Решение Межгосударственного Совета по гидрометеорологии СНГ**
- ✓ **Территория: Азербайджан, Армения, Беларусь, Казахстан, Киргизия, Россия, Таджикистан, Узбекистан**
- ✓ **Входит в состав Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) ВМО**

Система мониторинга засух



Индикаторы засух

**Справочник
по показателям и индексам
засушливости**

Комплексная программа борьбы с засухой

**ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ**
ВМО-№ 1173
ПОГОДА. КЛИМАТ. ВОДА

**Global Water
Partnership**
Towards a water secure world

СПРАВОЧНИК ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ И ИНДЕКСАМ ЗАСУШЛИВОСТИ 9

Таблица 1. Показатели и индексы, приведенные в настоящем справочнике

Метеорологический показатель	Ссылка	Примечания	Вводные параметры	Дополнительная информация
Индекс аномальной влажности (AAI)	11	Ссылка	P, T, PET, ET	Используется в оперативном режиме в Европе
Дождли	11	Ссылка	F	Дополнительно используется в Европе
Индекс засушливости Кетча-Бравера (KSI)	12	Ссылка	P, T	Результат учета влияния сезонных изменений
Процент от нормы осадков	12	Ссылка	F	Применяется в Европе
Стандартизованный индекс осадков (SI)	13	Ссылка	F	Выявляет в Европе метеорологический эффект от изменений в количестве осадков в течение метеорологического года
Валовый стандартизованный индекс осадков и температуры (SOTI)	13	Ссылка	P, T	Используется для оперативного мониторинга засухи в краткосрочном режиме
Индекс аридности (AI)	13	Ссылка	P, T	Может быть использован в краткосрочном режиме
Z-индекс влаги (ZI)	14	Ссылка	F	Применяется для оперативного мониторинга в Европе
Индекс аномальной влажности (SAI)	14	Ссылка	P, T	Применяется в Европе
Индекс засушливости Палмера (SPI)	17	Ссылка	F	Для оперативного мониторинга в Европе
Реинсургентный индекс засушливости (RDI)	17	Ссылка	P, T	Применяется в Европе
Реинсургентный индекс засушливости (RDI)	18	Ссылка	F	Применяется в Европе
Индекс аномальной влажности (AAI)	19	Ссылка	P, T	Применяется в Европе
Индекс аномальной влажности (AAI)	19	Ссылка	F	Применяется в Европе

10 СПРАВОЧНИК ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ И ИНДЕКСАМ ЗАСУШЛИВОСТИ

Индекс аномальной влажности (AAI)	20	Ссылка	P, T, AWC	Не относится к индексам засухи в Европе
Индекс Z Палмера	20	Ссылка	P, T, AWC	Ссылка на индекс аномальной влажности (AAI)
Индекс аномальной влажности (AAI)	21	Ссылка	F	Применяется в Европе
Индекс аномальной влажности (AAI)	22	Ссылка	P, T, AWC	Не относится к индексам засухи в Европе
Стандартизованный индекс осадков и температуры (SOTI)	23	Ссылка	P, T	Применяется в Европе
Стандартизованный индекс осадков и температуры (SOTI)	23	Ссылка	F	Применяется в Европе
Синтезированный стандартный индекс осадков (SI)	23	Ссылка	P, T, Mod	Применяется в Европе
Индекс засушливости Кетча-Бравера (KSI)	24	Ссылка	P, T, Tc, W, AWC, Mod, CD	Применяется в Европе
Метеорологический индекс аридности (AI)	25	Ссылка	P, T, A, M, SF	Применяется в Европе

12 СПРАВОЧНИК ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ И ИНДЕКСАМ ЗАСУШЛИВОСТИ

Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)	33	Ссылка	Sat	Используется в Европе
Индекс температуры и осадков (TPI)	34	Ссылка	Sat	Используется в Европе
Индекс вегетационных условий (VCI)	34	Ссылка	Sat	Используется в Европе
Индекс разницы температур (TDR)	35	Ссылка	Sat, P, T, AWC, CC, W	Используется в Европе
Индекс состояния растительности (VSI)	35	Ссылка	Sat	Используется в Европе
Индекс разницы температур (TDR)	36	Ссылка	Sat, Mod, CC	Используется в Европе
Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)	37	Ссылка	Sat	Используется в Европе
Почвенный и почвенно-растительный индекс (SPEI)	37	Ссылка	Sat	Используется в Европе

Индикаторы засух

Показатели	Категория засух		
	Сильная	Средняя	Нет
ГТК	0.00 – 0.39	0.40 – 0.70	0.71 – 5.00
Шашко	0.00 – 0.19	0.20 – 0.35	0.36 – 3.00
V	0 – 50	51 – 65	65 – 100
Дней с T>30 °C	6 – 11	2 – 5	0
Дней с вл < 30 %	6 – 11	2 – 5	0
W20	0 – 10	11 – 19	20 – 70
W50	0 – 25	26 – 40	41 – 100
W100	0 – 40	41 – 70	71 – 280

Индикаторы засух

ГТК Селянинова

$$HTC = \frac{\sum P}{0.1 \sum t}$$

Коэффициент увлажнения Шашко

$$M_d = \frac{\sum P}{\sum d}$$

Коэффициент увлажнения Процера

$$V = \frac{W_{i-1} - W_i + P}{0.375 \sum d_i}$$

Метрики

Каждую декаду для категорий засух по интенсивности (сильная, средняя, нет засухи) для параметра j с учетом типа засухи (атмосферная, почвенная) рассчитывается метрика (оценка) (a_{ji}) по следующим соотношениям:

$$a_{ji} = 1 - \frac{|x_{ji} - \varphi_j^x|}{\varphi_{a_j}^{xx} - \varphi_{a_j}^x}, \text{ if } x_{ji} < \varphi_j^x$$

$$a_{ji} = 1 - \frac{|x_{ji} - \varphi_j^{xx}|}{\varphi_{a_j}^{xx} - \varphi_{a_j}^x}, \text{ if } x_{ji} < \varphi_j^x$$

$$a_{ji} = 1, \text{ if } \varphi_j^x \leq x_{ji} \leq \varphi_j^{xx}$$

x_{ji} – фактические значения j -го показателя за i -й период (декаду);

$\varphi_j^x, \varphi_j^{xx}$ – диапазон (мин, макс) изменения граничных значений j -го показателя внутри класса;

$\varphi_{a_j}^x, \varphi_{a_j}^{xx}$ – абсолютный диапазон значений j -го показателя.

Обобщение (комплексирование) оценок

$$\bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \delta_j a_{ji}$$

\bar{P}_i – среднее значение мер близости в разрезе категории (класса) за i -й период (декаду);

n – число показателей;

δ_j – информационные веса показателей;

a_{ji} – метрика, характеризующая меру близости фактического значения j -го показателя за i -й период (декаду) по отношению выбранного критерия в разрезе категории (классов);

j – порядковый номер показателя.

Проверка

Название субъектов РФ, станции	Год	Оценка интенсивности засух по декадам: 1 – очень сильная, 2 – сильная, 3 – средняя, 4 – слабая, 5 – отсутствие засухи												Откло- нение урожай- ности (%)
		Май			Июнь			Июль			Август			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Ставропольский край, Курский р-н, Ст. Рощино	2006	5	5	5	4	4	1	3	1	3	1	1	1	+19
Самарская обл., Челно-Вершинский р-н, Ст. Челно-Вершины	2001	5	5	5	5	5	5	5	3	3	4	5	5	+18
	2002	5	4	4	5	5	5	5	4	3	4	4	5	+42
	2003	5	5	4	3	5	5	5	5	5	2	3	2	+19
Ростовская обл., Матвеево-Курганский р-н, Ст. Матвеев-Курган	2005	3	3	2	3	3	4	5	4	3	3	3	1	-15

21–30 сентября 2023 г.
Декадный бюллетень №15

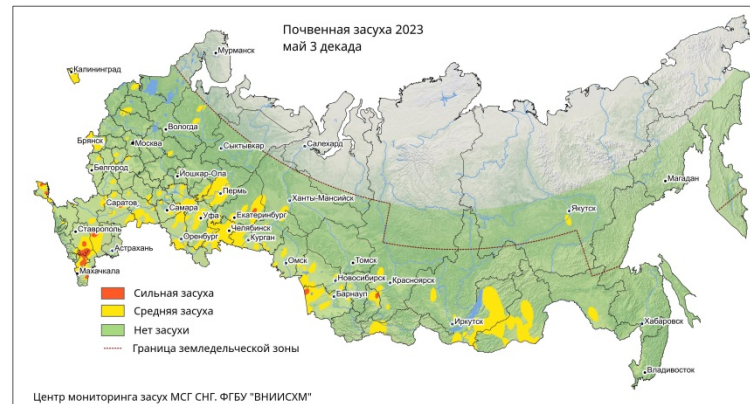
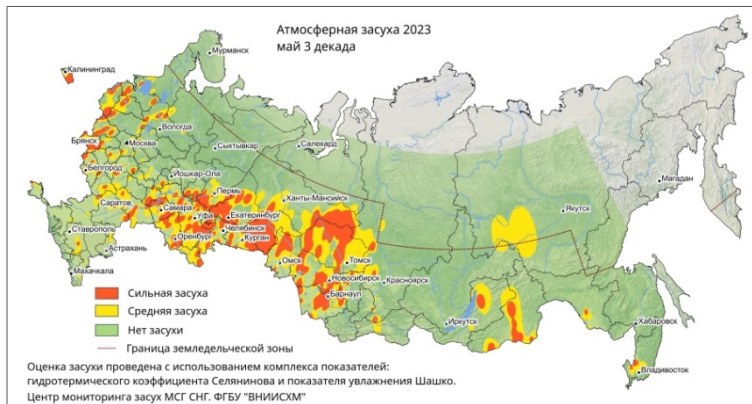
ЦЕНТР МОНИТОРИНГА ЗАСУХ



ФГБУ ВНИИСХМ
Росгидромет

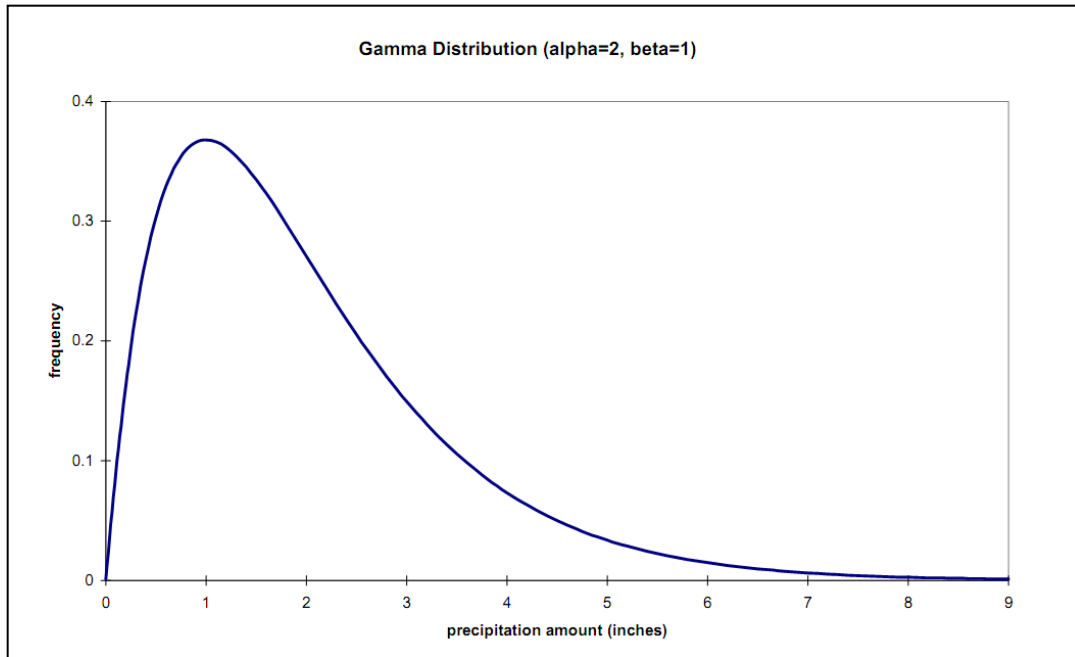


Мониторинг атмосферных и почвенных засух










SPI – standardized precipitation index, индекс осадков

Вероятность интенсивности осадков



$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{for } x > 0$$

-  +2.00 and above – (extremely wet)
-  [+1,5; +1,99] (very wet)
-  [+1,0; +1,49] (moderately wet)
-  [-0,99; +0,99] (Норма)
-  [-1,0; -1,49] (moderately dry)
-  [-1,5; -1,99] (very dry)
-  +2.00 and above – (extremely dry)

SPI – рассчитанные значения

Сильная засуха					
Область / край	Год	Параметр	Месяц		
			Май	Июнь	Май-Июнь
Воронежская	1981	SPI	-2,10	-1,20	-2,30
		HTC	0,28	0,45	0,39
Саратовская	1975	SPI	-2,20	-1,70	-2,50
		HTC	0,05	0,18	0,13
Ставропольский	1979	SPI	-3,10	-3,70	-4,10
		HTC	0,34	0,16	0,24
Нет засухи					
Воронежская	2005	SPI	1,29	0,16	0,85
		HTC	1,04	1,17	1,13
Саратовская	2001	SPI	0,96	1,62	1,65
		HTC	1,28	1,32	1,30
Ставропольский	2001	SPI	1,99	1,16	1,57
		HTC	2,17	0,39	1,31

HTC

- [0,71; 5,0] (No drought)
- [0,40; 0,70] (Medium drought)
- 0,39 и ниже (Strong drought)**

SPI

- +2.00 and above (extremely wet)
- [+1,5; +1,99] (very wet)
- [+1,0; +1,49] (moderately wet)
- [-0,99; +0,99] (Norm)
- [-1,0; -1,49] (moderately dry)
- [-1,5; -1,99] (very dry)
- +2.00 and above – (extremely dry)

SPI – рассчитанные значения в 2010 году

Субъект	Июнь			Июль			Август		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Воронежская	-0.73	-0.49	-1.53	0.07	-1.63	-1.54	-1.56	-0.24	0.27
Саратовская	-1.78	-1.48	-2.13	-0.45	-1.6	-1.66	-1.53	-1.17	-0.77
Белгородская	0.4	-0.71	-1.46	0.81	-0.42	-0.31	-1.45	-0.55	0.57
Волгоградская	-1.1	-1.62	-1.5	1.12	-1.58	-1.65	-1.38	-0.99	-0.77
Ульяновская	-1.17	-2.77	-2.56	-1.38	-1.87	-2.13	-1.87	-0.51	0.72

НТС

- [0,71; 5,0] (No drought)
- [0,40; 0,70] (Medium drought)
- 0,39 и ниже (Strong drought)

SPI

- +2.00 and above (extremely wet)
- [+1,5; +1,99] (very wet)
- [+1,0; +1,49] (moderately wet)
- [-0,99; +0,99] (Norm)
- [-1,0; -1,49] (moderately dry)
- [-1,5; -1,99] (very dry)
- 2.00 and above – (extremely dry)

Входная информация

Спутниковая

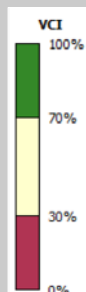
VIIRS (Visual Infrared Imaging Radiometer Suit)

– ширина полосы захвата 3000 км,
22 канала, 17 – 750 м, 5 – 375 м
(ФГБУ «НИЦ «Планета»)

Используем 2 канала 375 м –
11, 12

Площадь пиксела – 14 гектаров

$$VCI_j = \frac{NDVI_j - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$$

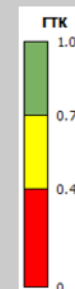


Наземная

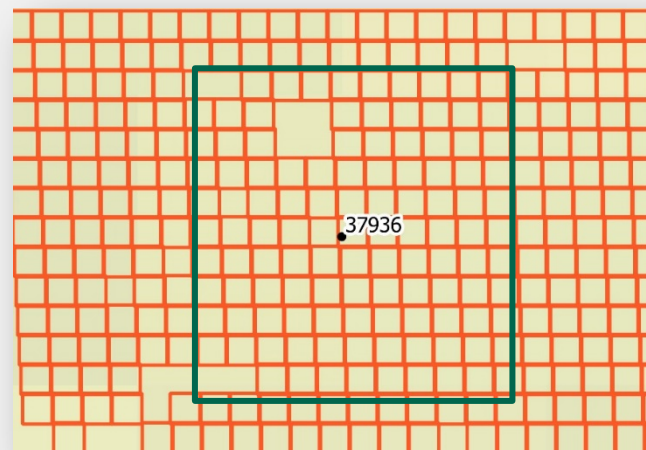
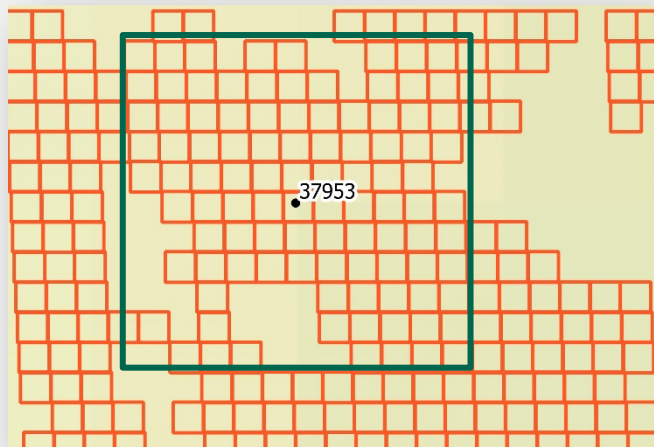
PROMETEI

Программный комплекс
обработки гидрометеорологической
информации для оперативно-
прогностических учреждений
Росгидромета

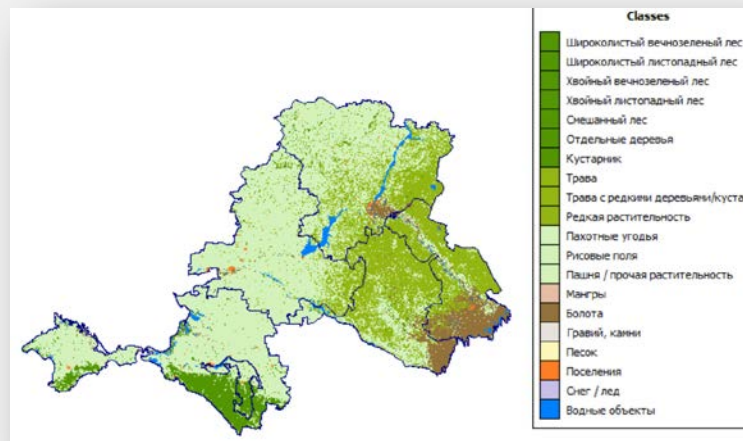
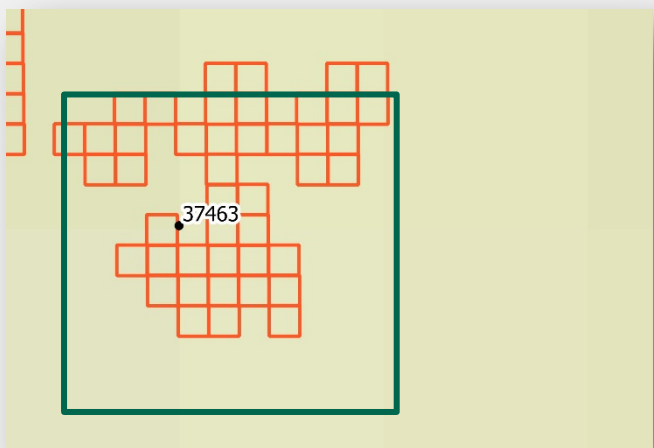
$$ГТК = \frac{\sum P}{0,1 * \sum T}$$



Тестовые участки для калибровки



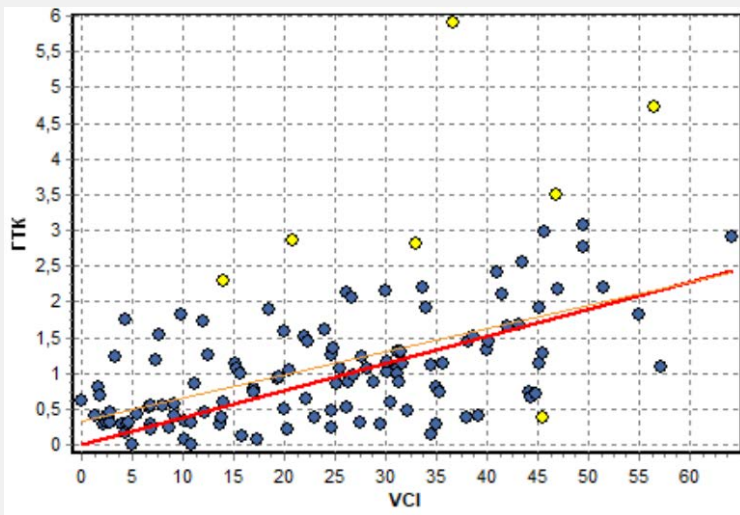
Количество пикселей в тестовом участке:
11X11, 31X31, 51X51, 75X75, 101X101



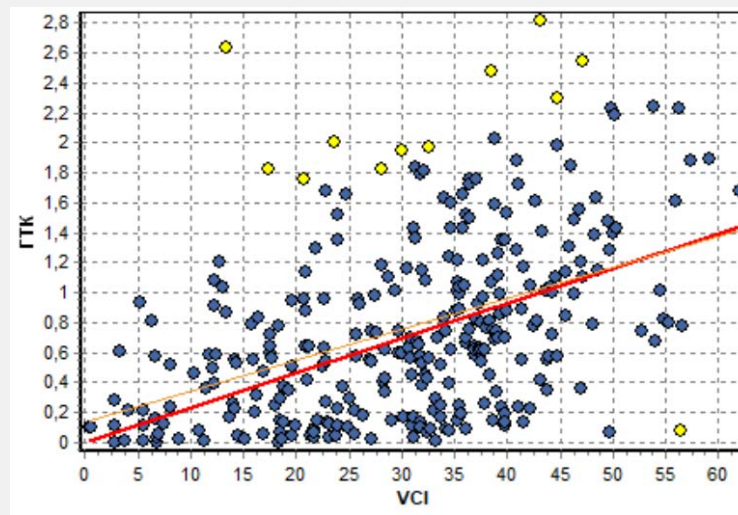
Калибровочные кривые

3 декада июня с 2017 по 2022 гг.

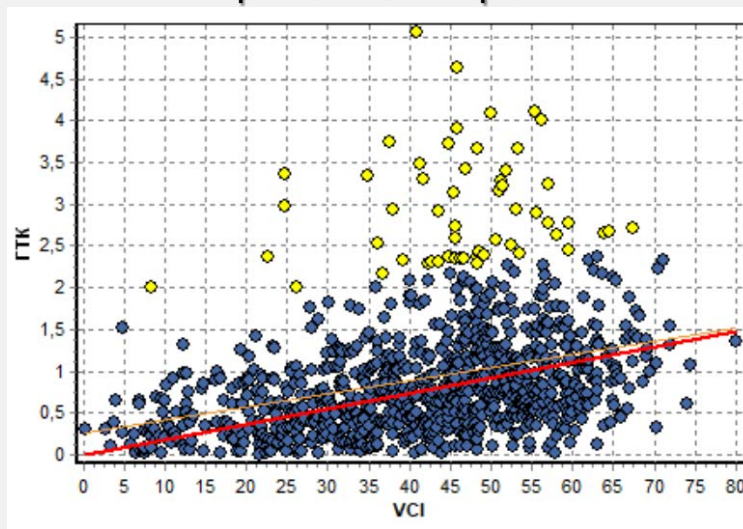
Северо-Кавказский фо



Южный фо



Приволжский фо

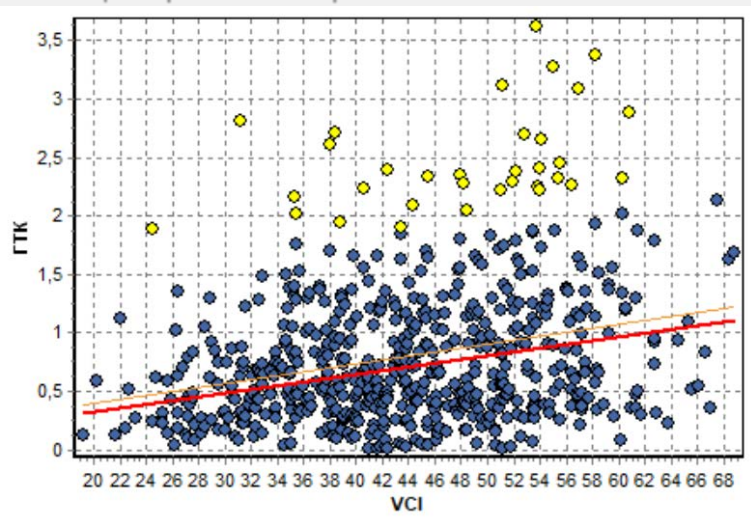


13-17 ноября 2023 г., Москва

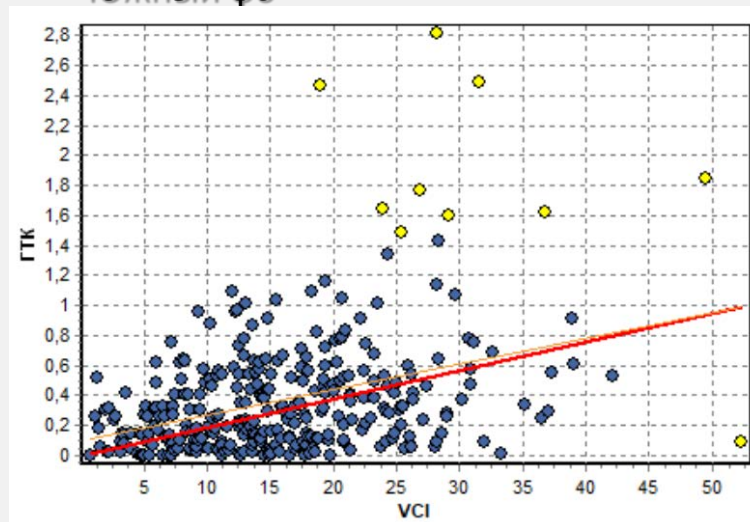
Калибровочные кривые

3 декада августа с 2017 по 2023 гг.

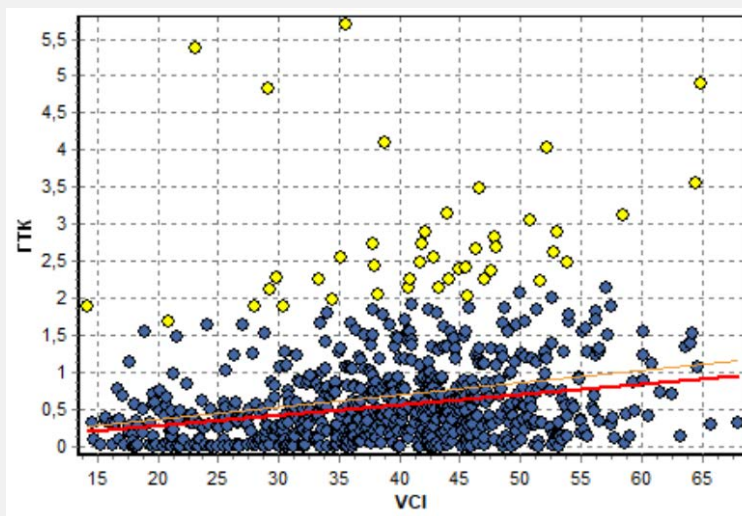
Центральный фо



Южный фо

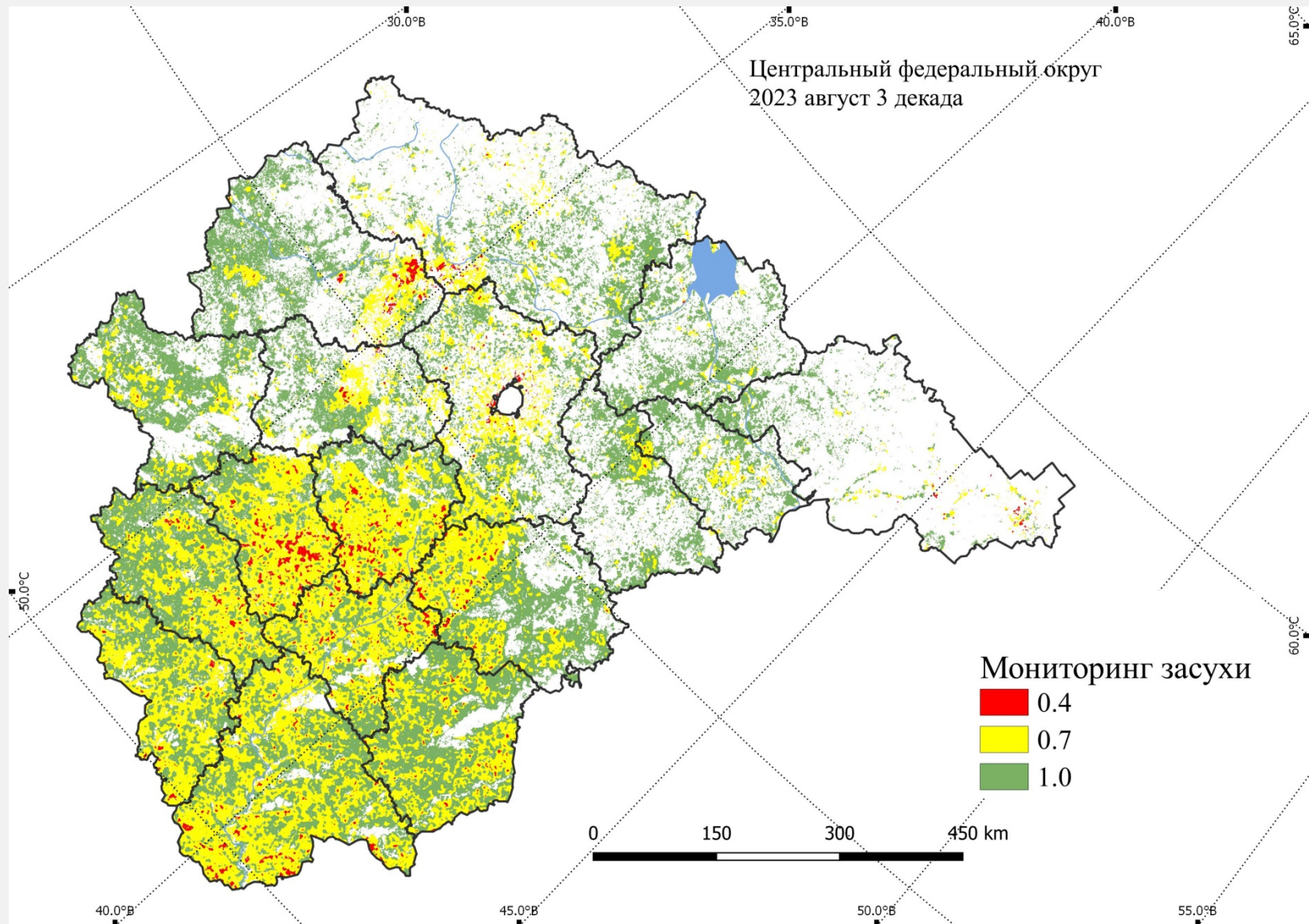


Приволжский фо



13-17 ноября 2023 г., Москва

Мониторинг засухи, Центральный федеральный округ



Мониторинг засухи

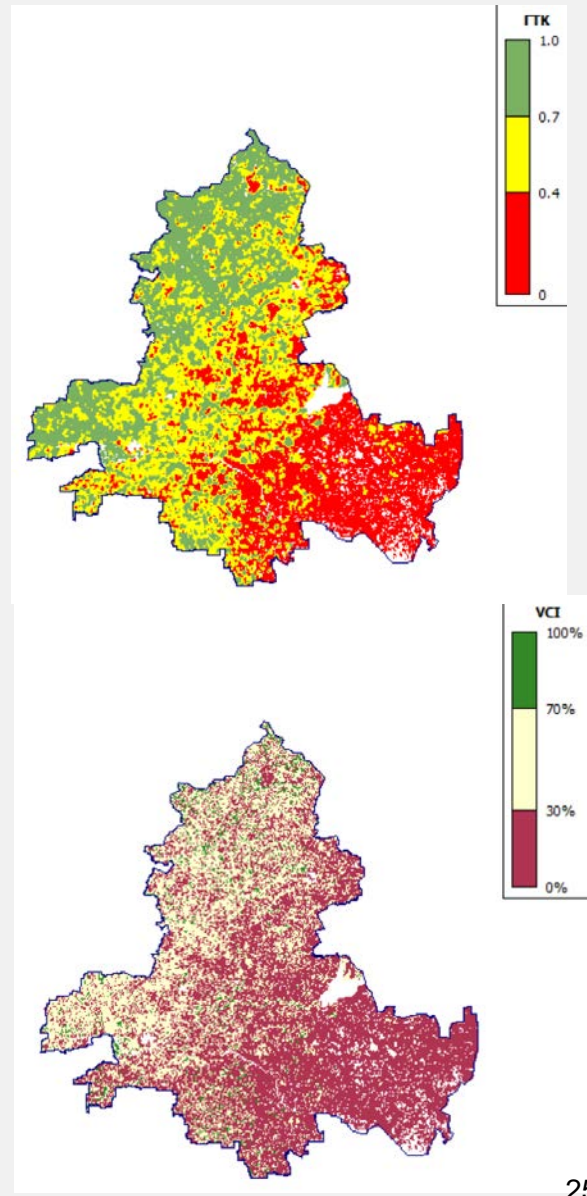
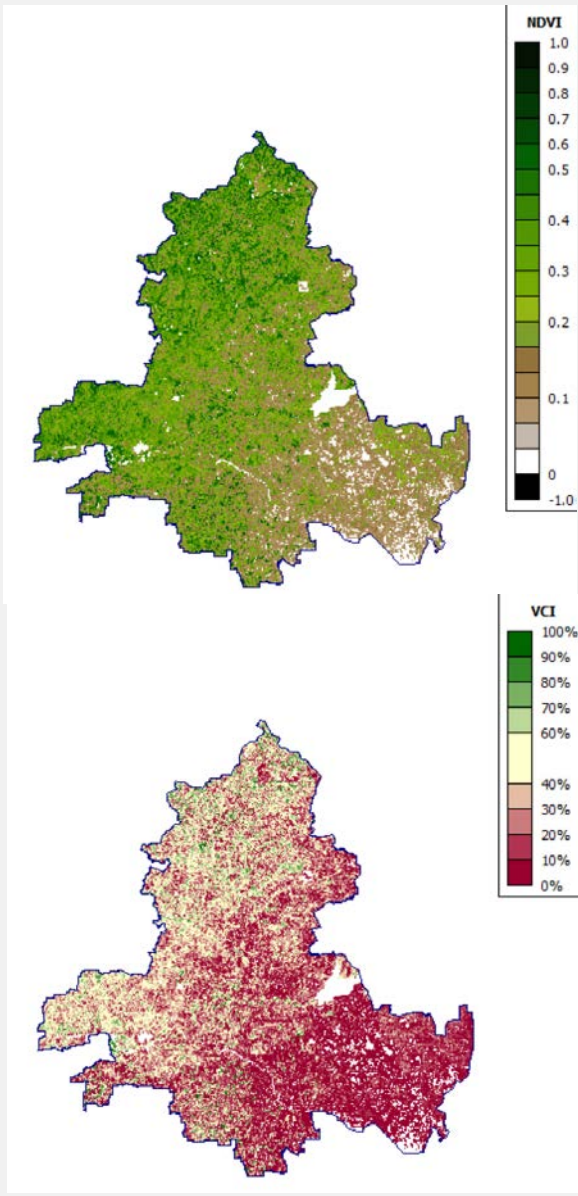
Объекты на карте

Видимые объекты

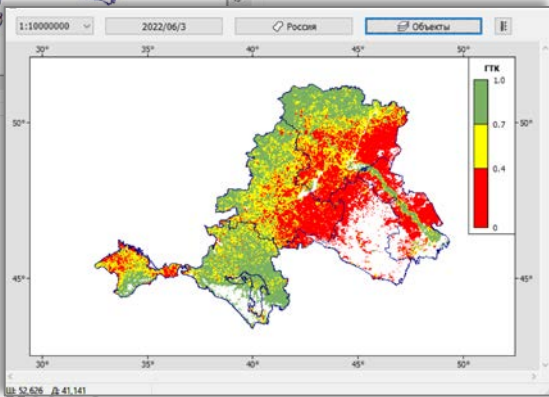
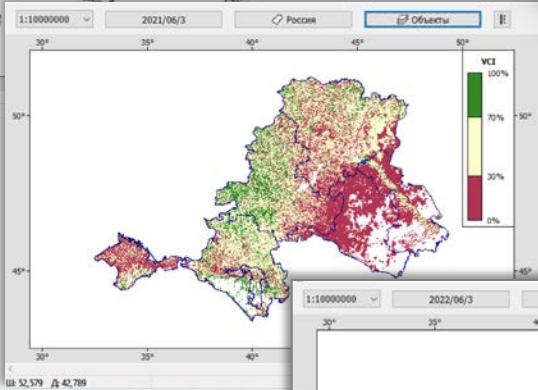
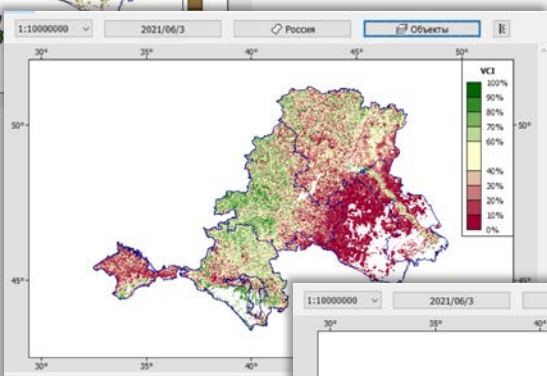
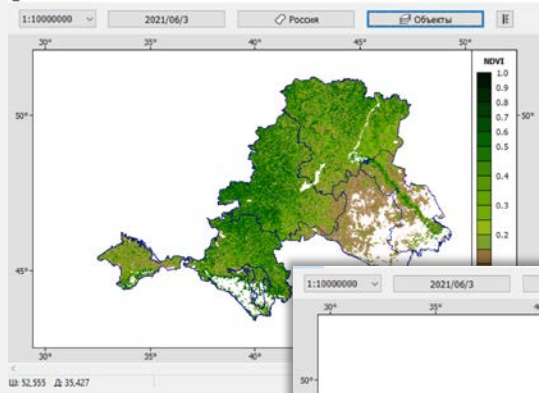
2022/06/3

- Границы регионов
- Станции
- Легенда
- Классификация земель
- Спутниковые данные VIIRS
 - И1 (Красный)
 - И2 (Ближний инфракрасный)
 - И4 (Средневолн. инфракрасный)
 - И5 (Длинноволн. инфракрасный)
 - NDVI
 - VCI 3 градации
 - ГТК

OK Отмена



Автоматизированная система мониторинга засух



Объекты на карте

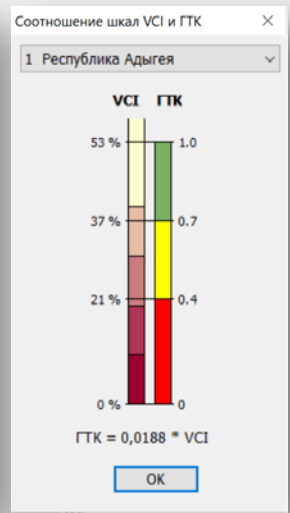
Видимые объекты

2022/06/3

- Границы регионов
- Станции
- Легенда
- Классификация земель
- Спутниковые данные VIIRS

- И1 (Красный)
- И2 (Ближний инфракрасный)
- И4 (Средневолн. инфракрасный)
- И5 (Длинноволн. инфракрасный)
- NDVI
- VCI 3 градации
- GTC

OK Отмена



СХМ-Прогноз - Регионы

- 1 Адыгея
- 2 Башкортостан
- 3 Бурятия
- 4 Республика Алтай
- 5 Дагестан
- 6 Ингушетия
- 7 Кабардино-Балкарская республика
- 8 Республика Калмыкия
- 9 Карачаево-Черкесская республика
- 10 Республика Карелия
- 11 Республика Кони
- 12 Марий Эл
- 13 Республика Мордовия
- 14 Республика Саха (Якутия)
- 15 Северная Осетия - Алания
- 16 Татарстан
- 17 Тыва
- 18 Удмуртская республика
- 19 Республика Хакасия
- 20 Чеченская республика
- 21 Чувашия
- 22 Алтайский край
- 23 Краснодарский край
- 24 Красноярский край
- 25 Приморский край
- 26 Ставропольский край
- 27 Хабаровский край
- 28 Амурская область
- 29 Архангельская область
- 30 Астраханская область
- 31 Белгородская область
- 32 Брянская область
- 33 Владимирская область
- 34 Волгоградская область
- 35 Вологодская область
- 36 Воронежская область

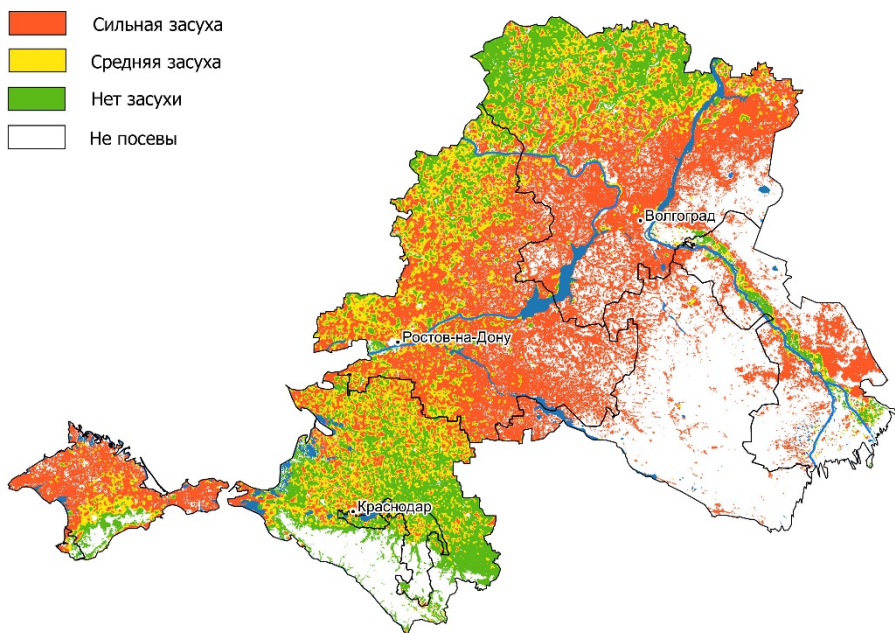
Россия ЦФО СЗФО ЮФО СКФО ПФО УрФО СФО ДФО

OK Отмена

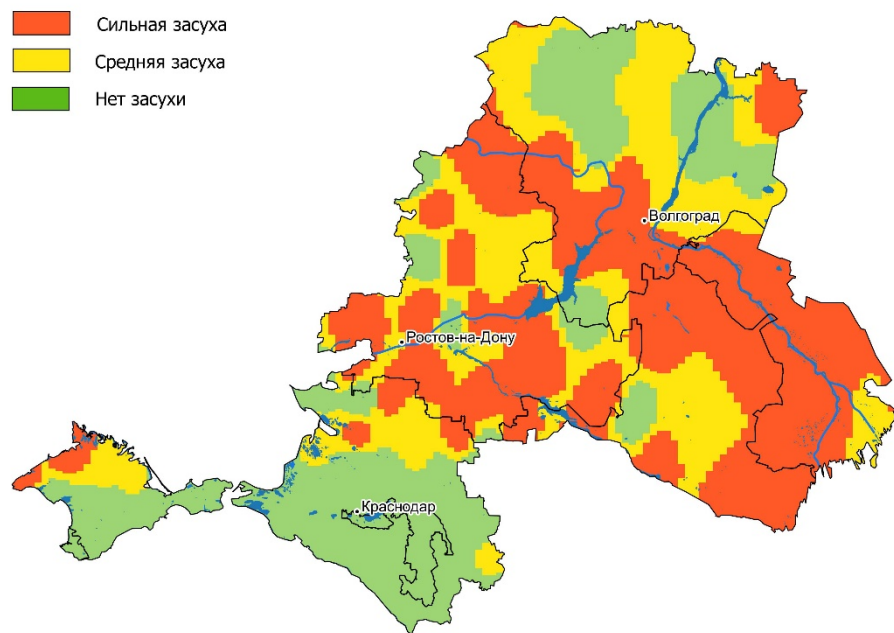
Мониторинг засухи

Южный фо, 1 декада июля 2022 г.

Спутниковый мониторинг



Наземный мониторинг



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Центр мониторинга засухи МСГ НГМС СНГ :
249030, Обнинск Калужская область, пр. Ленина 82, ВНИИСХМ-ЦМЗ МСГ
Телефон: (848439) 4-45-99; факс (848439) 4-43-88
Email: cxm@meteo.ru, cxm-dir@obninsk.ru