

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Государственное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной метеорологии"
ГУ "ВНИИСХМ"

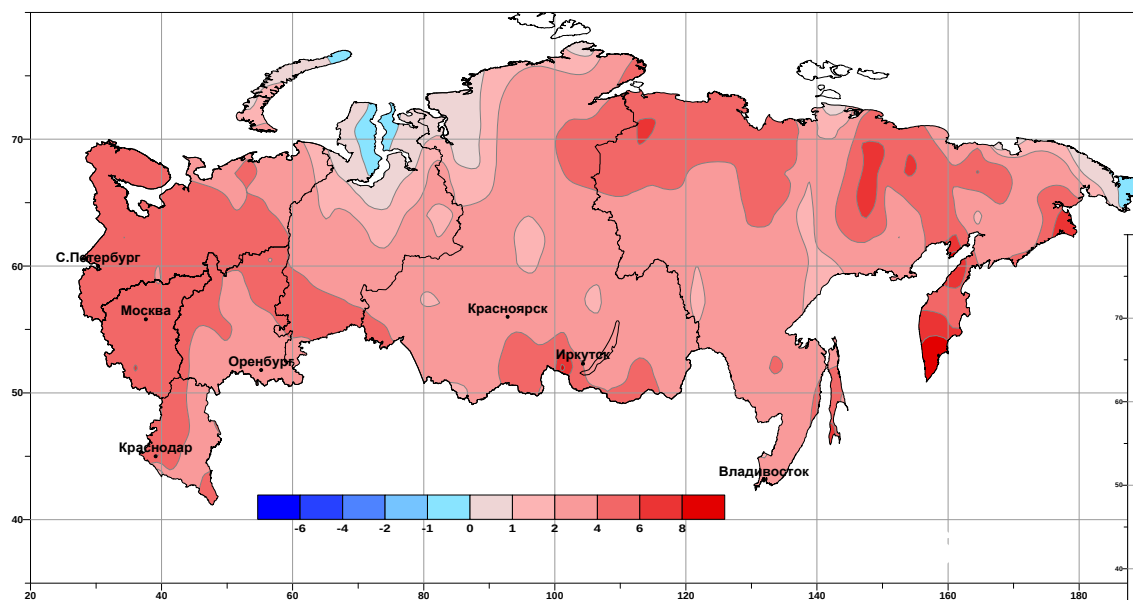
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ В XX - XXI-ом СТОЛЕТИЯХ

Павлова В.Н.

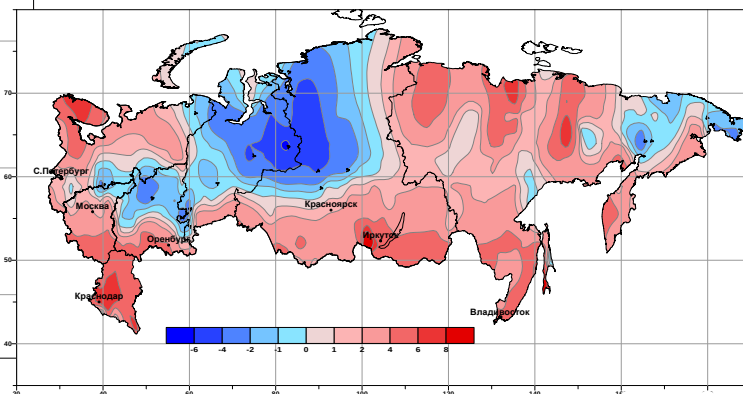
Примеры информационных продуктов: Агроклиматические последствия изменений климата

Разработана численная имитационная система для исследований изменений климата и агросферы. Система позволяет:

- Оценивать условия формирования урожайности ряда основных сельскохозяйственных культур
- Оценивать климатические риски в земледелии
- Разрабатывать динамические оптимизационные схемы использования погодно-климатических ресурсов территории
- Оценивать тренды агроклиматических ресурсов

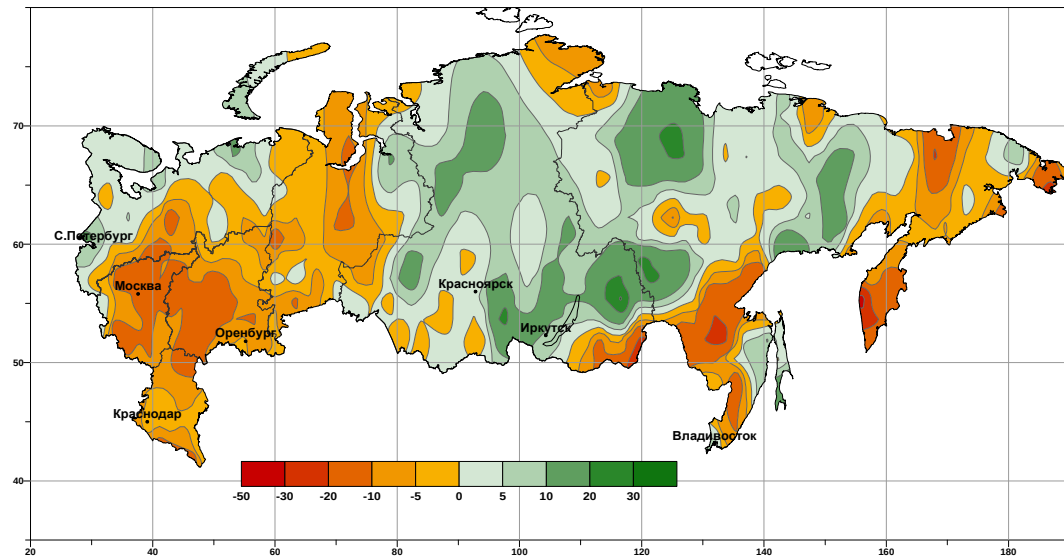


Тренд числа дней с температурой выше 10°C (сут./10 лет)

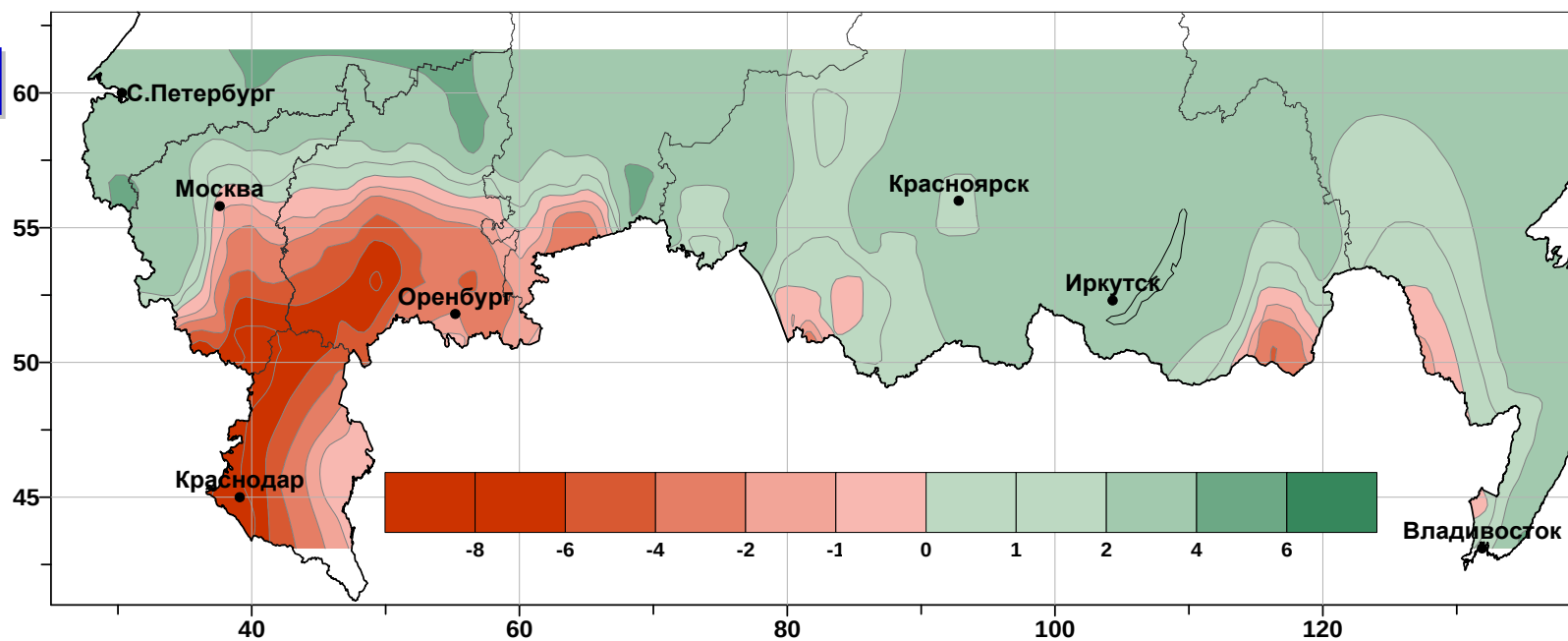


АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Тренд сумм летних осадков (мм/10 лет)
за период 1976 – 2012 гг



БКП



Климатообусловленный тренд биоклиматического потенциала (БКП) при высоком уровне плодородия за период 1976 – 2012 гг., (ц/га за 10 лет)

Основная цель:

- **Оценить наблюдаемые изменения агроклиматических ресурсов за последние десятилетия (с 1976 г.) на территории России**
- **Оценить влияние ожидаемых изменений климата до конца текущего столетия на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельскохозяйственных культур РФ**
- **Разработка комплекса мер по адаптации системы землепользования к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата**

Для разработки системы мониторинга влияния последствий изменений климата на сельское хозяйство может использоваться разработанный во ВНИИСХМ (Россия) комплекс математических моделей и численных схем, объединенных в систему КЛИМАТ-ПОЧВА-УРОЖАЙ.

Валовые сборы зерна в России (млн.т)

- 2012 70.9
- 2011 94.2
- 2010 61.0
- 2009 97.1
- 2008 108.2
- 1998 47.5
- 1992 116.7
- 1978 127.4
- 1953 48.2

**Сравнительная оценка потерь урожайности яровых зерновых
в засушливые годы
(потери урожайности в % от последнего максимума 2008 г.)**

Федеральный округ	Год						
	1951	1972	1975	1981	1995	1998	2010
Центральный	-16,1	-45,9	-36,1	-53,3	-25,6	-34,2	-50,7
Северо-Западный	0,5	-39,7	2,0	-24,3	-9,7	-13,5	-35,3
Приволжский	-22,0	-35,6	-44,0	-58,1	-28,9	-60,0	-61,2
Южный	-18,1	-52,3	-49,0	-59,6	-30,3	-43,0	-56,5
ЕТ России	-13,9	-43,4	-31,8	-48,8	-23,6	-37,7	-50,9
Уральский	27,5	72,8	-7,5	-5,2	27,2	-28,5	-11,4
Сибирский	12,2	50,4	0,9	9,2	19,9	-8,5	23,2
Дальневосточный	47,9	60,5	39,5	54,6	36,5	44,4	8,5

Таблица 3. Агроклиматические показатели мониторинга изменений современного климата для сельскохозяйственной зоны (198 станций)

Показатель, размерность	Обозначение
Характеристики термического режима	
Продолжительность вегетационного периода, сутки	N
Даты всходов яровых зерновых культур или возобновления вегетации многолетних трав и даты уборки	$N_{no} \ N_{nk}$
Средняя температура за вегетационный период, °C	T_{sr}
Сумма температур (° C) за период с температурой выше 5°, 10° и 15° C от всходов до уборки зерновых или ВКР	$\Sigma T_5, \ \Sigma T_{10}$
Характеристики увлажнения	
Сумма осадков за вегетационный период, мм	ΣR
Суммарное испарение за вегетационный период, мм	E
Испаряемость за вегетационный период, мм	E_0
Продуктивные влагозапасы почвы (мм) на момент возобновления вегетации (всходов) и на 18 число каждого месяца с мая по сентябрь в слое 0-20 см в слое 0-100 см	$W_{0-20v}, \ W_{0-100v}$ $W_5, \ W_6, \ W_7, \ W_8, \ W_9$ $W_{05}, \ W_{06}, \ W_{07}, \ W_{08}, \ W_{09}$
Гидротермический коэффициент Селянинова, рассчитанный с использованием испарения (Е)	$ГТК$
Коэффициент обеспеченности влагой $KY=E/E_{pot}$	KY
Число дней с запасами влаги в слое 0-20 см ниже (или равными): 20, 10 и 5 мм	$nW_{20}, \ nW_{10}, \ nW_{05}$
Биоклиматический потенциал (БКП), т.га⁻¹	
БКП при низкозатратном земледелии	PKP
БКП при оптимальном увлажнении	PRW
БКП при оптимальном минеральном питании	GMP
БКП при оптимальном увлажнении и минеральном питании	RTP
Климатообусловленная урожайность (КУ), т.га⁻¹	
КУ при низкозатратном земледелии	PKY
КУ при оптимальном увлажнении	PRW
КУ при оптимальном минеральном питании	GMY
КУ при оптимальном увлажнении и минеральном питании	RTY

Сравнительная характеристика агрометеорологических условий 2010 и 2008 гг.

Территория	Температура, ° С		Осадки, мм		ГТК	N, сутки	Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы, мм				
	весна	лето	весна	лето			начало вегетации озимых	май	июнь	июль	август
2010 год											
Центральный	7,5	22,7	104	123	0,61	71	44	20	10	5	11
Северо-Западный	4,3	18,1	125	211	1,26	76	59	39	29	12	21
Приволжский	6,1	22,7	80	85	0,47	72	37	13	6	3	8
Южный	11,2	26,2	172	99	0,42	89	33	12	4	4	4
Уральский	3,7	18,4	72	119	0,72	84	29	17	7	3	7
Сибирский	-0,8	16,3	76	191	1,30	98	46	30	16	20	16
Дальневосточный	-0,7	16,6	167	316	2,16	85	51	41	14	27	31
Беларусь	8,3	21,3	152	230	1,18	82	54	40	31	26	25
Россия	2,9	18,9	108	177	1,13	82	42	23	12	10	13
2008 год											
Центральный	7,9	18,1	164	225	1,39	99	44	26	15	21	18
Северо-Западный	3,5	15,2	129	263	1,90	97	52	35	22	23	31
Приволжский	7,1	18,8	117	190	1,15	101	42	19	15	14	11
Южный	12,4	23,7	199	148	0,69	97	30	22	8	13	3
Уральский	4	17,6	104	183	1,15	87	29	26	11	7	12
Сибирский	2,3	17,0	70	203	1,32	87	43	27	14	16	18
Дальневосточный	2,4	16,0	164	231	1,69	93	41	33	16	27	30
Беларусь	8,1	18,2	225	191	1,14	99	46	43	30	29	25
Россия	4,3	17,4	125	211	1,40	94	40	26	14	17	17

Таблица 1 – Оценки линейного тренда (а) показателей термического режима на территории земледельческой зоны России за периоды 1976 – 2000 гг. и 1976 – 2012 гг. (ед./10 лет)

Федеральный округ	Средняя температура, °С/10лет		Сумма температур, °С/10лет		Продолжительность периода >10 °С, сут./10 лет
	январь	июль	>10 °С	>5 °С	
1976 – 2000 гг.					
Северо-Западный	1,7	0,5	74,8	102,8	1,7
Центральный	1,8	0,8	94,9	135,9	3,4
Приволжский	1,0	0,7	60,5	107,0	1,4
Южный	0,8	0,7	111,6	66,5	4,2
Сев. Кавказский	0,6	0,2	97,6	40,2	6,0
Уральский	0,4	0,6	34,0	84,1	0,2
Сибирский	0,4	0,7	56,9	86,9	2,0
Дальневосточный	1,3	0,2	71,1	75,4	4,1
Россия	1,0	0,6	65,3	90,5	2,3
1976 – 2012 гг.					
Северо-Западный	0,9	0,8	111,9	113,9	5,1
Центральный	0,7	1,1	145,9	149,4	5,3
Приволжский	0,5	0,8	112,4	123,7	3,8
Южный	0,3	0,7	152,5	150,5	3,8
Сев. Кавказский	0,1	0,4	138,9	130,1	4,5
Уральский	-0,1	0,3	83,7	86,0	4,3
Сибирский	-0,3	0,2	62,6	71,2	2,9
Дальневосточный	0,9	0,2	75,5	68,2	3,9
Россия	0,4	0,5	95,9	98,9	4,0

Таблица 2 – Оценки линейного тренда (а) показателей влажностного режима на территории земледельческой зоны России за периоды 1976 – 2000 гг. и 1976 – 2012 гг. (ед./10лет)

Федеральный округ	Сумма осадков, мм				ИС	W _{воз.вег.}	W _{июль}	N _{w10}
	зима	весна	лето	осень	б/р	мм	мм	сут.
1976-2000 гг.								
Северо-Западный	8,0	3,9	-3,7	-10,1	0,02	-0,7	-3,2	2,6
Центральный	-9,5	-2,2	-9,1	1,2	0,06	-0,8	-2,9	5,0
Приволжский	2,9	6,3	-10,0	-7,9	0,04	-0,7	-2,4	5,0
Южный	3,6	7,3	11,3	12,3	-0,03	0,7	-0,6	-1,4
Северо-Кавказский	10,1	2,9	-1,7	25,7	-0,11	-0,2	0,8	-0,1
Уральский	5,4	7,0	-0,6	3,1	0,00	0,1	-1,4	1,2
Сибирский	4,1	1,2	3,1	1,9	0,01	0,0	-2,1	2,4
Дальневосточный	4,0	4,9	5,3	2,1	0,01	-0,4	-0,6	0,0
Россия	2,8	3,6	-1,1	0,2	0,01	-0,3	-2,0	2,6
1976-2012 гг.								
Северо-Западный	4,8	5,3	0,0	0,6	0,02	-0,7	-2,6	0,9
Центральный	-0,4	-0,3	-10,3	0,1	0,06	-1,2	-2,8	4,5
Приволжский	0,3	5,7	-10,1	-2,0	0,06	-0,9	-1,6	4,7
Южный	-2,5	13,3	-4,6	6,5	0,01	-0,4	-0,6	0,5
Северо-Кавказский	8,4	4,1	-1,7	7,1	-0,03	-0,6	0,1	-1,7
Уральский	-1,2	7,5	-4,2	-1,2	0,04	-0,2	-1,4	2,2
Сибирский	1,0	2, 5	4,9	0,96	0,01	-0,1	-0,5	1,2
Дальневосточный	7,4	6,7	3,7	-1,3	0,01	-0,6	-1,2	1,1
Россия	2,0	5,0	-1,7	0,6	0,03	-0,5	-1,4	2,4

Примечание: ИС – отношение испаряемости к осадкам за год, W_{июль} – влагозапасы пахотного слоя почвы в июле, W_{воз.вег.} – влагозапасы почвы на дату возобновления вегетации, N_{w10} – число дней вегетационного периода, когда влажность пахотного слоя почвы не превышает 10 мм

Рисунок 1 – Средняя скорость изменения (тренд) сумм активных температур выше 10 °С (°С/10 лет) за период: *а)* с 1976 по 2000 г.; *б)* с 1976 по 2012 г.

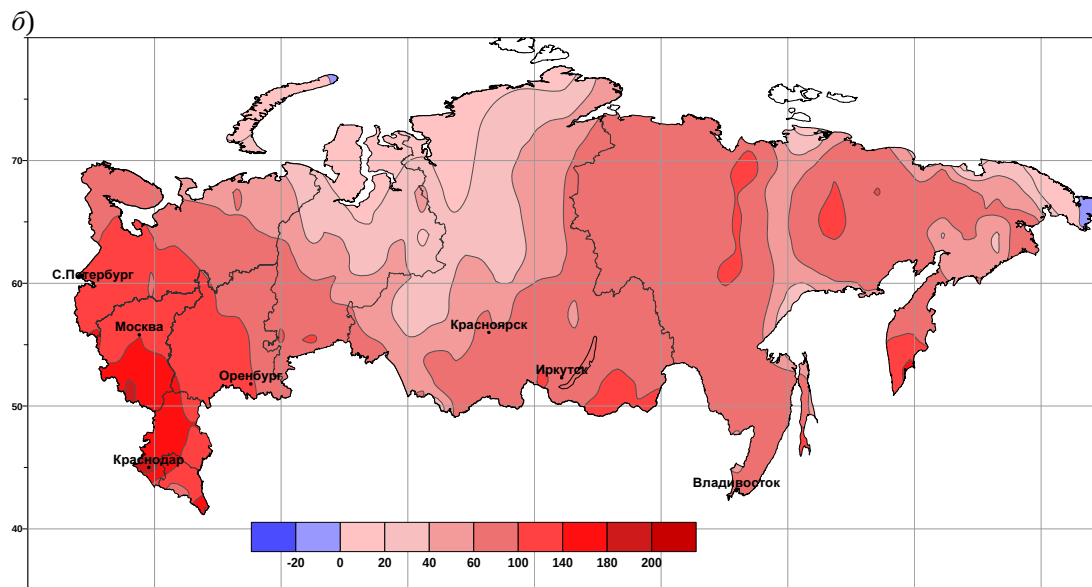
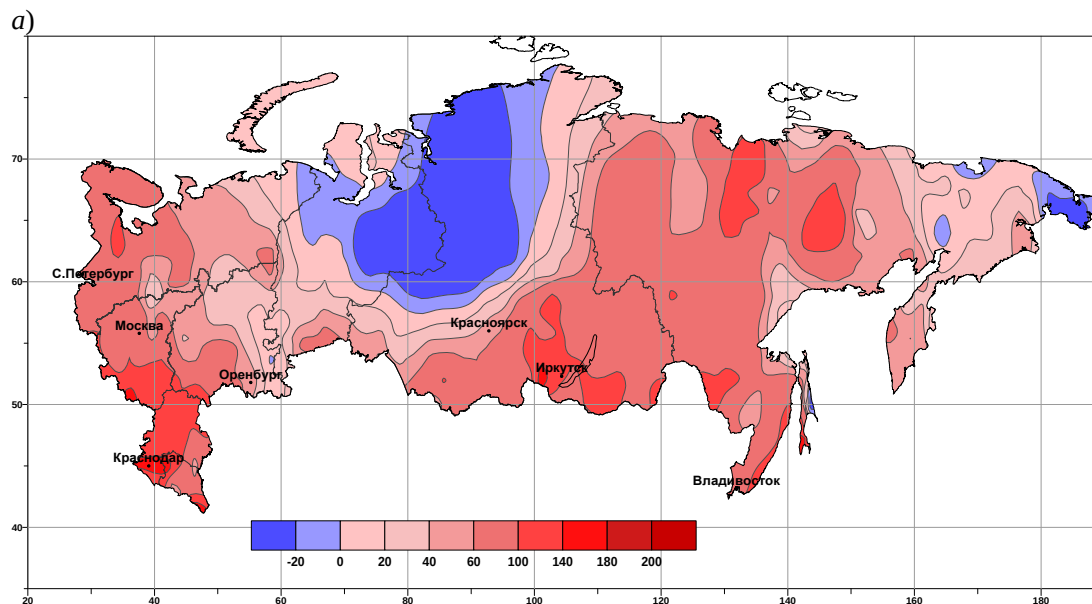


Рис.1 Средняя скорость изменения (тренд) температуры января ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за период с 1976 по 2010 г.

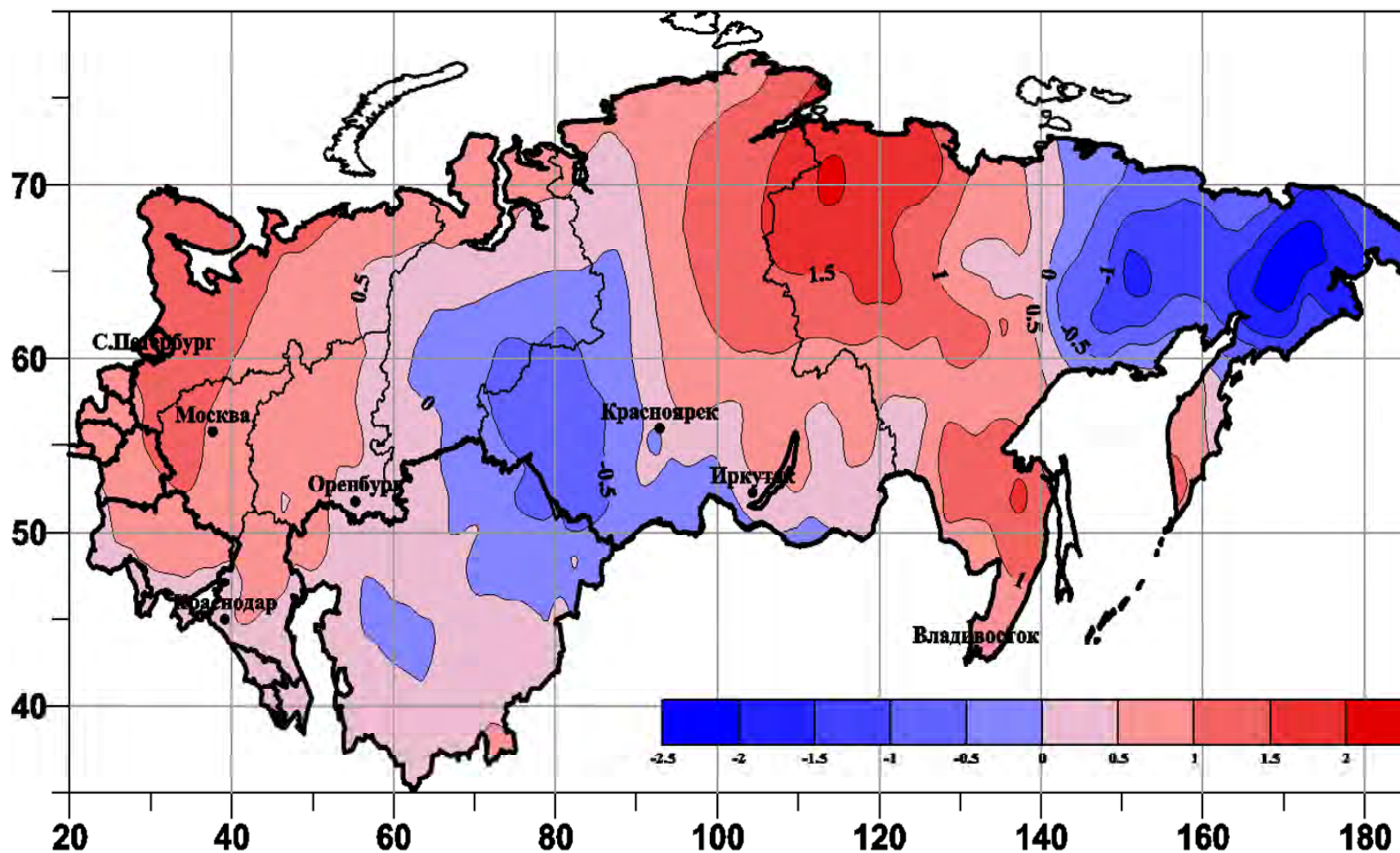


Рис. 2 Средняя скорость изменения (тренд) температуры июля ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за период с 1976 по 2010 г.

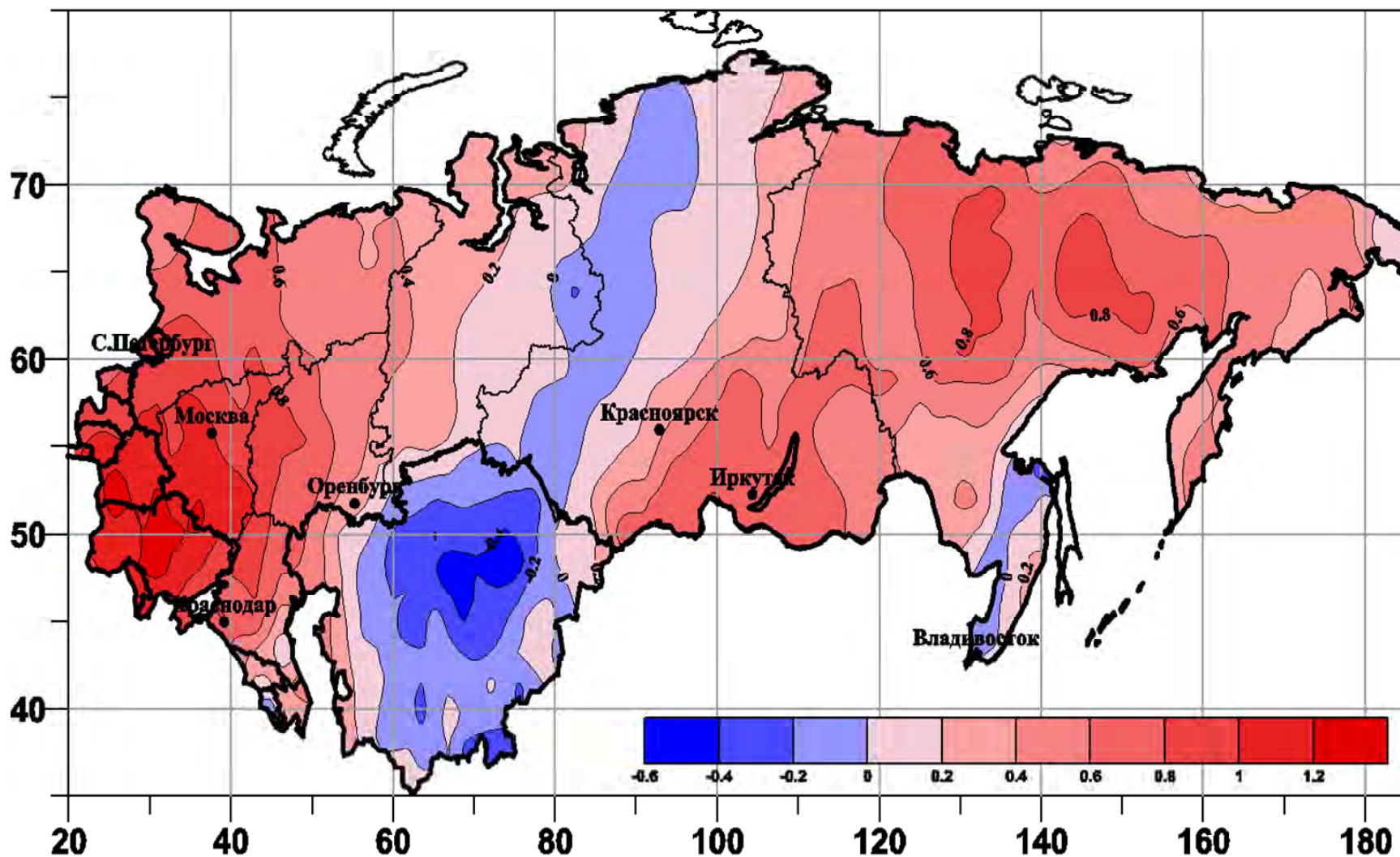


Рис. 6 Средняя скорость изменения (тренд) осадков весны (мм/10 лет) за период с 1976 по 2010 г.

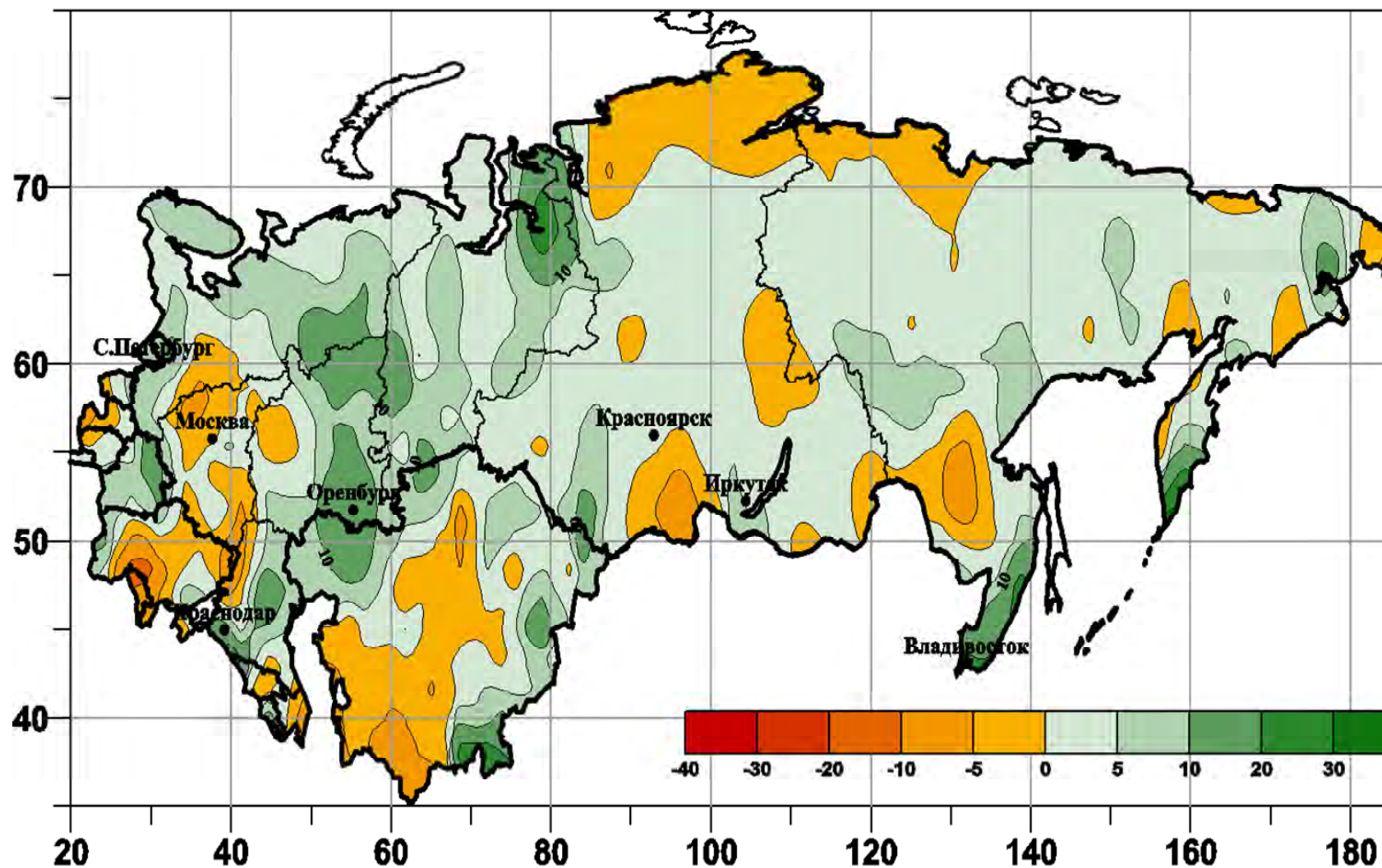


Рис. 7 Средняя скорость изменения (тренд) осадков лета (мм/10 лет) за период с 1976 по 2010 г.

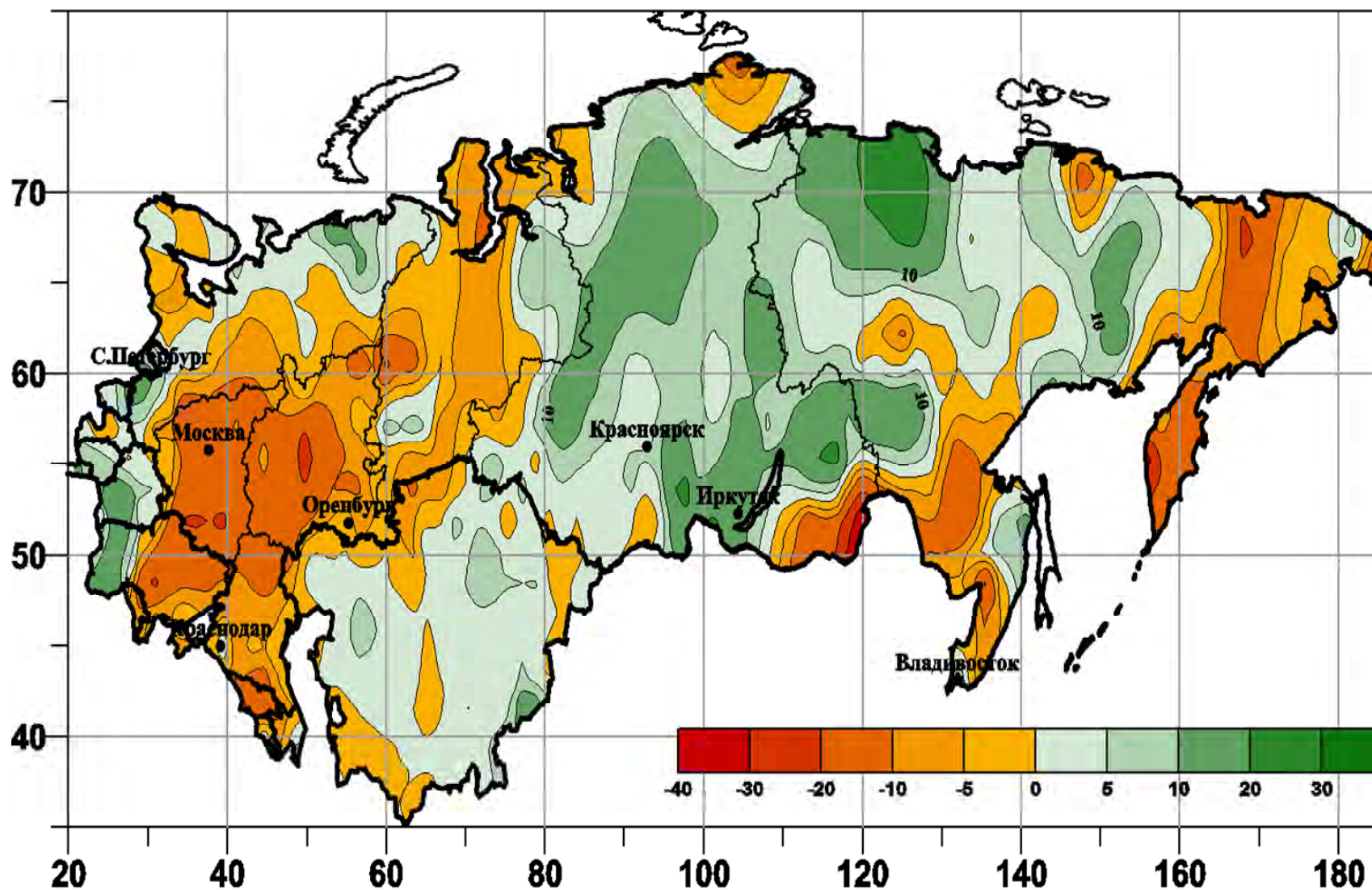


Рис. 8 Средняя скорость изменения (тренд) осадков осени (мм/10 лет) за период с 1976 по 2010 г.

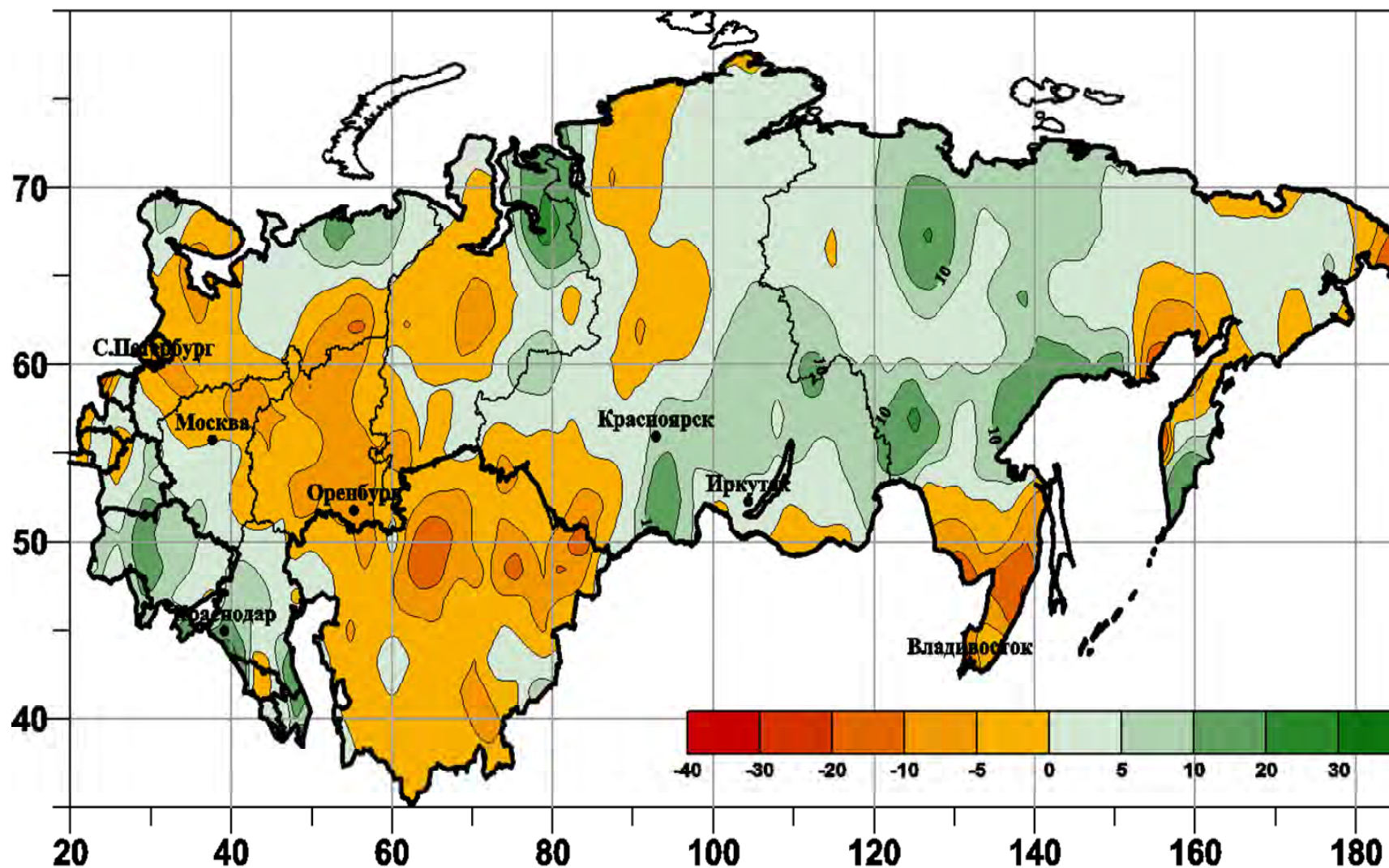


Рис. 9 Средняя скорость изменения (тренд) осадков зимы (мм/10 лет) за период с 1976 по 2010 г.

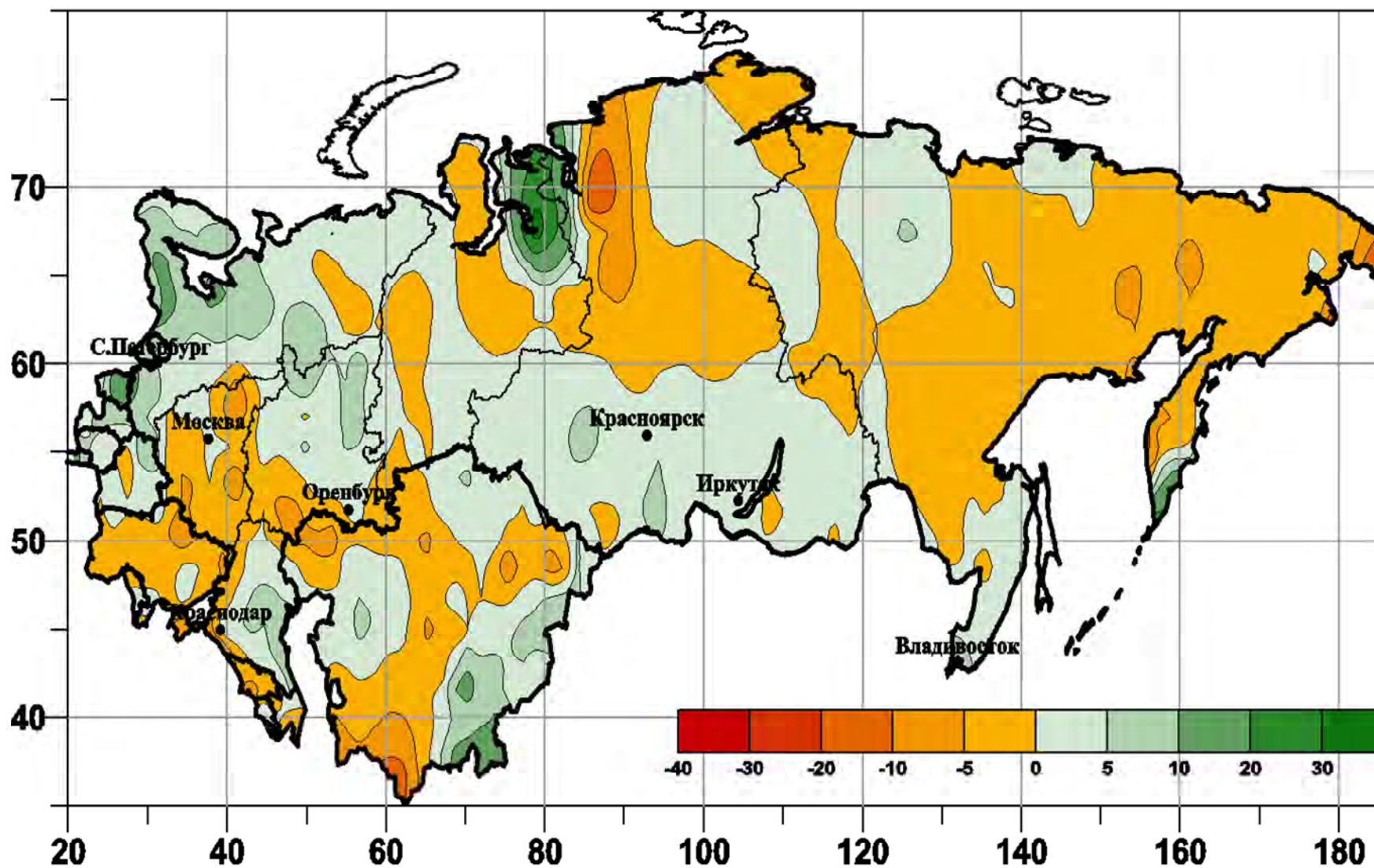
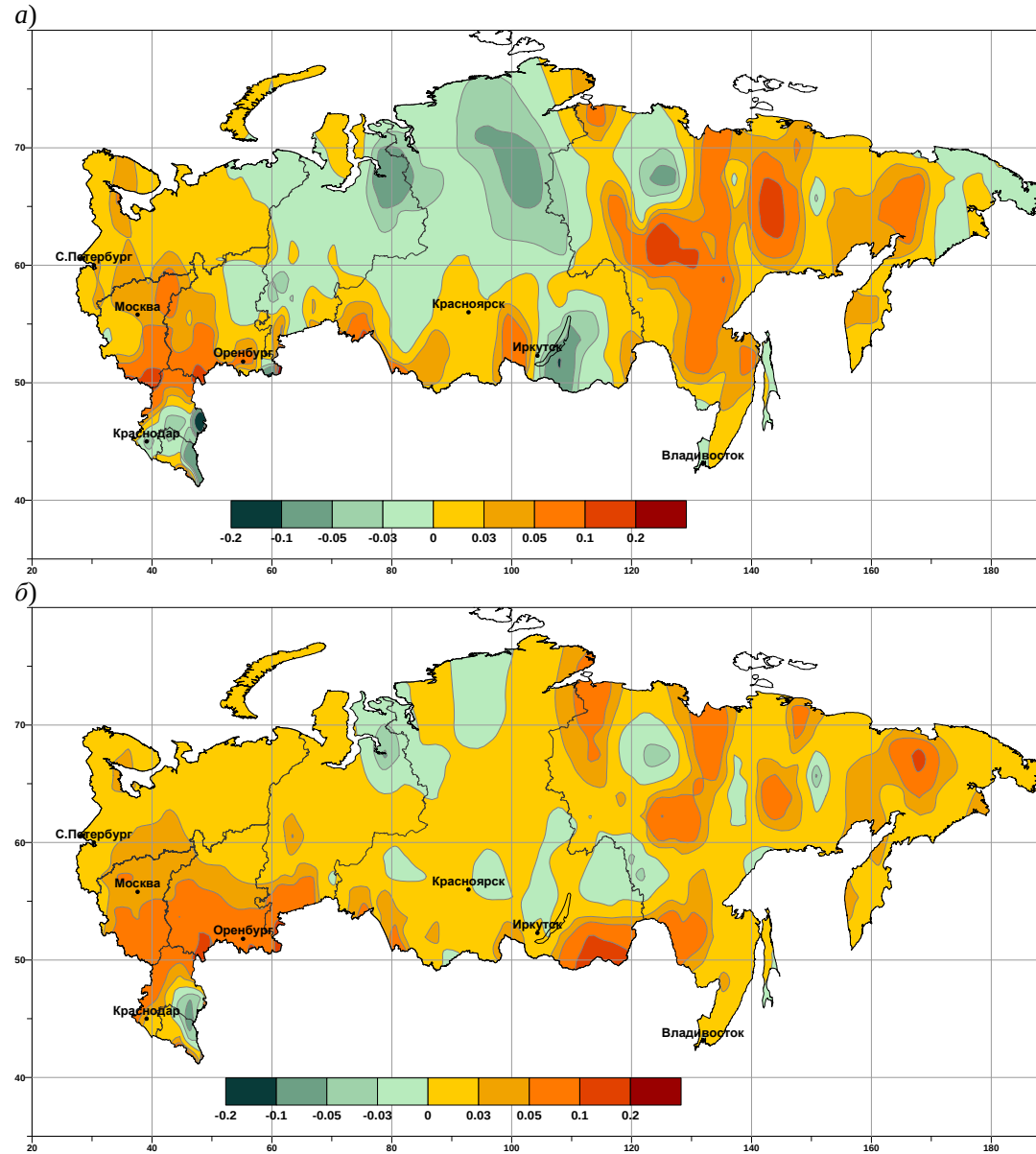


Рисунок 4 – Средняя скорость изменения (тренд) индекса сухости Будыко (ед./10 лет) за период а) с 1976 по 2000 г; б) с 1976 по 2012 г.

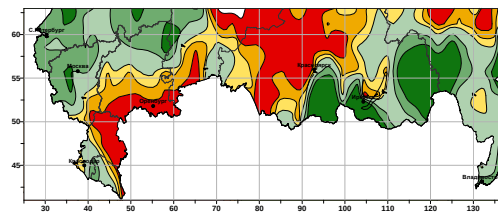
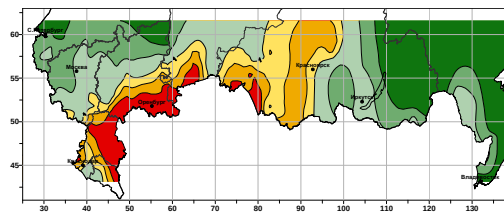


- Доклад об особенностях климата на территории РФ в 2012 г.
- Раздел “Сельское хозяйство”

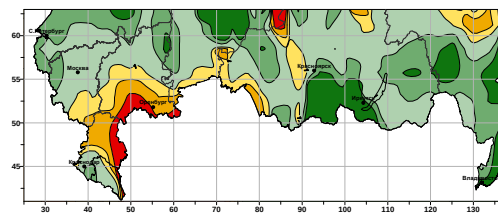
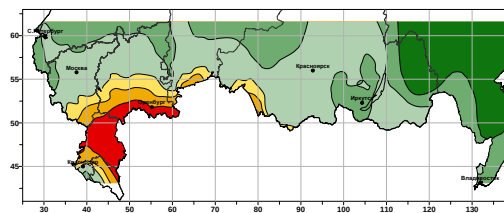
ГТК, вегетационного периода (от 5 до 5°С)

ГТК, май-июнь

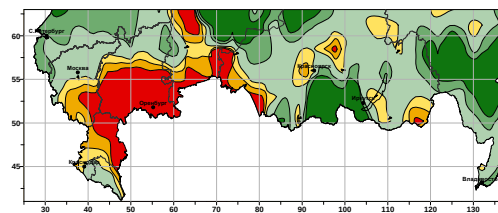
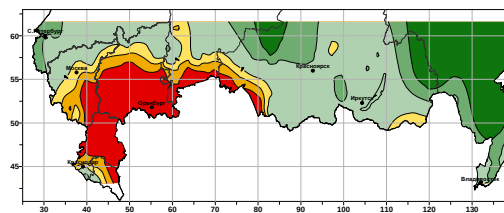
2012 г.



Средние за 2006 – 2010 гг.



2010 г.



2008 г.

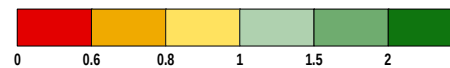
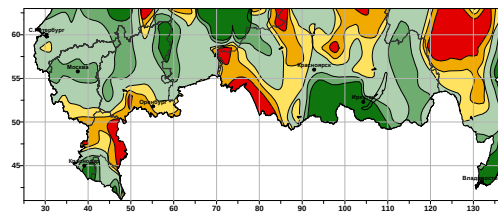
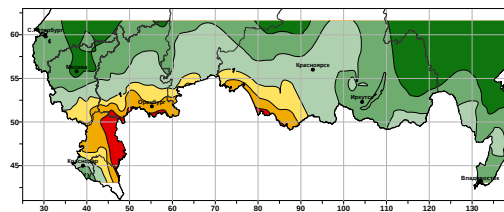
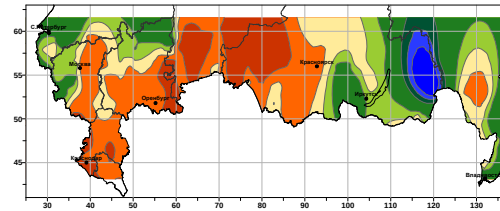
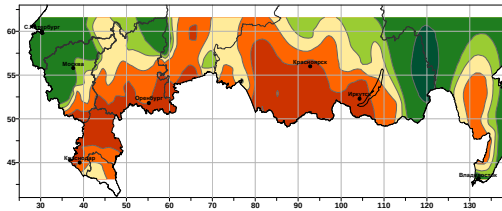


Рисунок 8 – Распределение гидротермического коэффициента вегетационного периода (от 5 °С весной до 5°С осенью) и за май-июнь в 2012 г., средних за период 2006 – 2010 гг., в 2010 и 2008 гг.

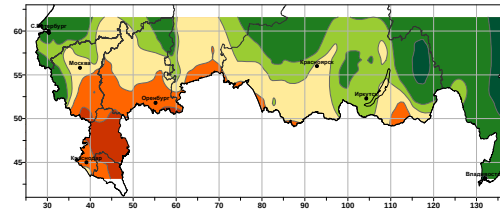
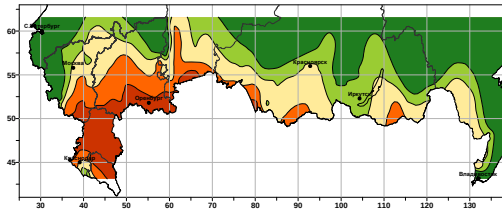
Июнь

Июль

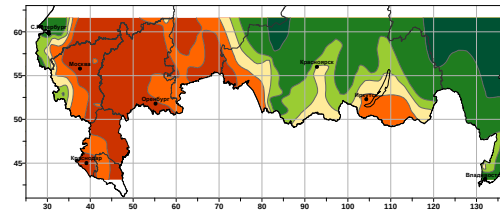
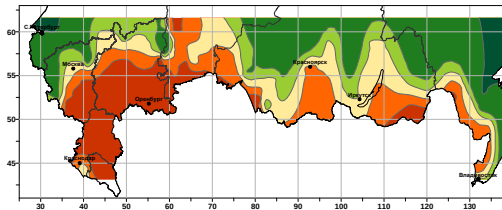
2012 г.



Средние за 2006 – 2010 гг.



2010 г.



2008 г.

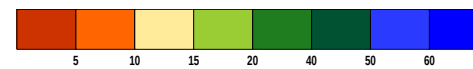
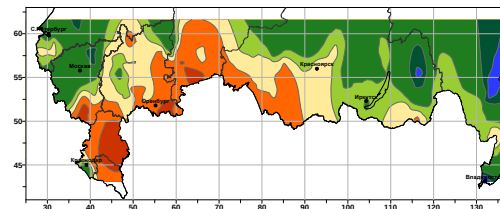
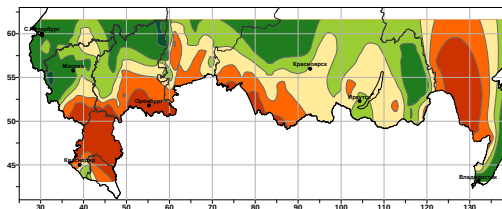


Рисунок 9 – Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы в июне, июле 2012 г., в среднем за период 2006–2010 гг., в 2010 и 2008 гг.

Рисунок 10 – Отклонения климатообусловленной урожайности яровых зерновых культур (%) в 2012 г. от уровня:
а) среднего за 2006 – 2010 гг., б) 2010 г., в) 2008 г.

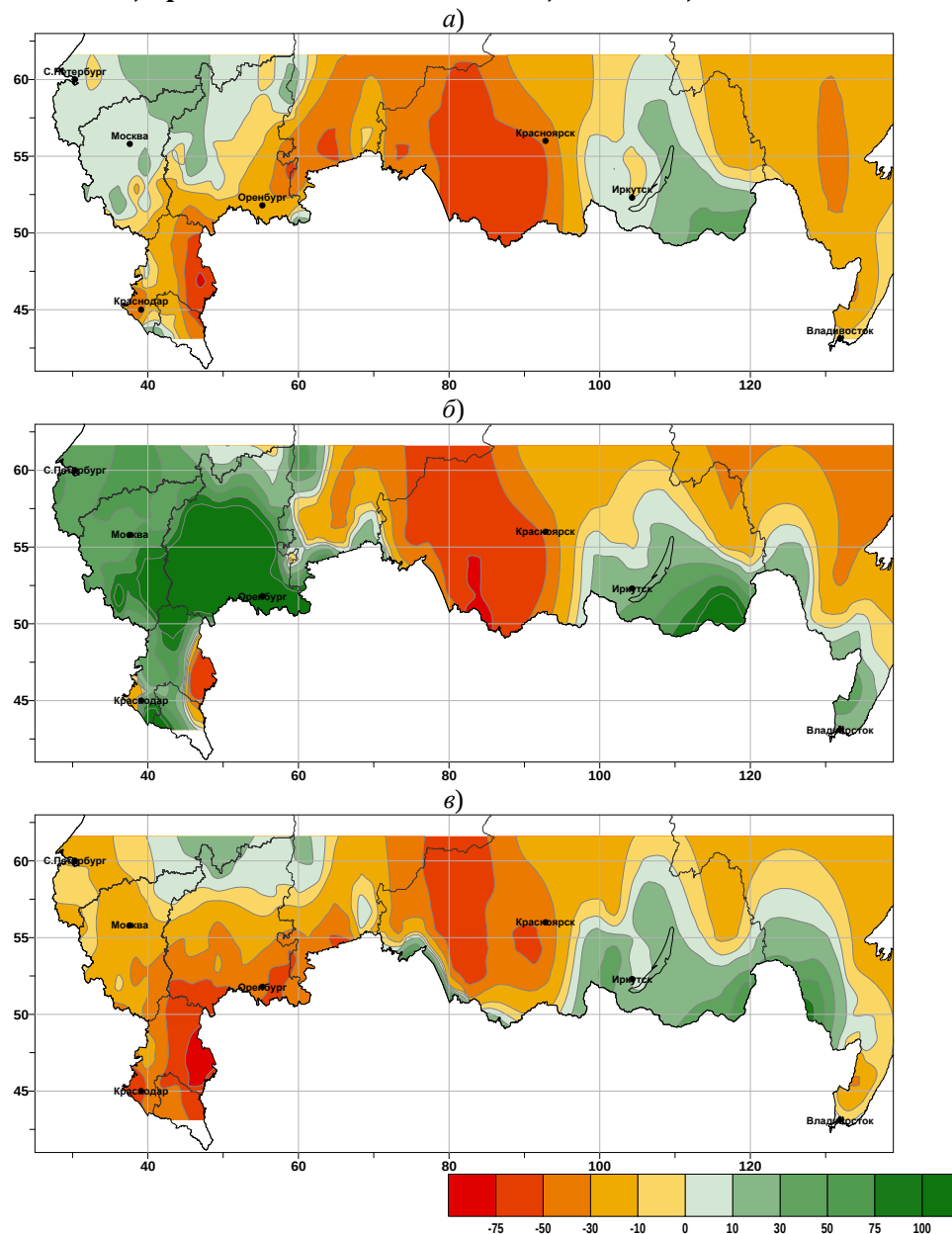


Таблица 1. Климатообусловленные изменения урожайности зерновых и зернобобовых в целом для основных зернопроизводящих республик, краев и областей РФ, вызванные изменениями климата с 1975 по 2006 гг.

Край, область, республика	Приращения урожайности		Доля объясненной дисперсии, D (%)	
	ц/га/10 лет	%/10 лет	I*	II*
Алтайский край	0,23	2,20	55,6	66,2
Оренбургская	0,51	5,24	46,5	75,7
Ростовская	0,17	0,90	59,0	72,9
Саратовская	0,70	6,34	61,6	75,7
Омская	0,45	3,68	60,1	53,1
Волгоградская	0,61	4,81	55,2	80,8
Краснодарский край	0,23	0,67	36,6	52,1
Ставропольский край	1,13	4,93	73,1	73,3
Башкортастан	0,23	2,20	57,5	63,5
Татарстан	0,51	5,24	53,3	80,5
Нижегородская	0,18	1,27	22,2	46,8
Регион	0,48	3,62	55,5	69,4
* I – классическое уравнение регрессии, II – уравнение регрессии для первых разностей				

Таблица 2 Климатообусловленные тренды урожайности зерновых культур по федеральным округам России за период с 1975-2006 гг. (ц/га и % за 10 лет)

Федеральный округ	Валовый сбор, млн.т ¹⁾	Зерновые и зернобобовые в целом	Озимая пшеница	Яровой ячмень	Зерновые и зернобобовые в целом	Озимая пшеница	Яровой ячмень
		ц/га за 10 лет			% за 10 лет		
Приволжский	21,92	0,32	0,47	0,26	2,6	2,8	2,1
Южный	26,22	0,30	0,36	0,44	2,2	2,0	3,2
Центральный	15,31	-0,02	0,06	-0,02	-0,3	0,4	-0,2
Сибирский	12,84	0,16	–	0,19	1,6	–	2,0
Дальневосточный	0,41	0,23	–	0,23	2,0	–	1,98
Уральский	4,75	0,23	0,10	0,15	1,7	0,6	1,1

Обозначение: ¹⁾ фактический валовый сбор всех зерновых и зернобобовых культур в среднем за 2003-2008 гг., млн. т

Климатические сценарии XXI-го века

- Ансамблевый сценарий AN_31
(получен в ГГО)

Включает 4 временных интервала:

S2: 2011-2030 гг.

S3: 2034-2053 гг. для RCP4.5

S3: 2028-2047 гг. для RCP8.5

S4: 2041-2060 гг.

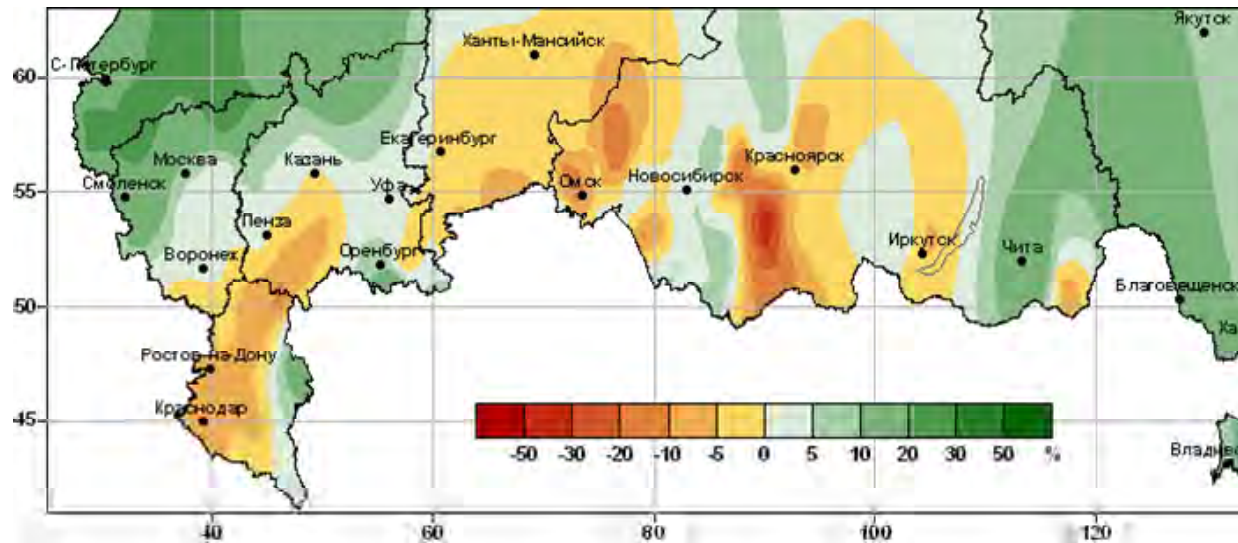
S5: 2080-2099 гг.

Изменение продуктивности сельскохозяйственных культур (%) по федеральным округам России в XXI-ом веке по ансамблевому сценарию (RCP 8.5)

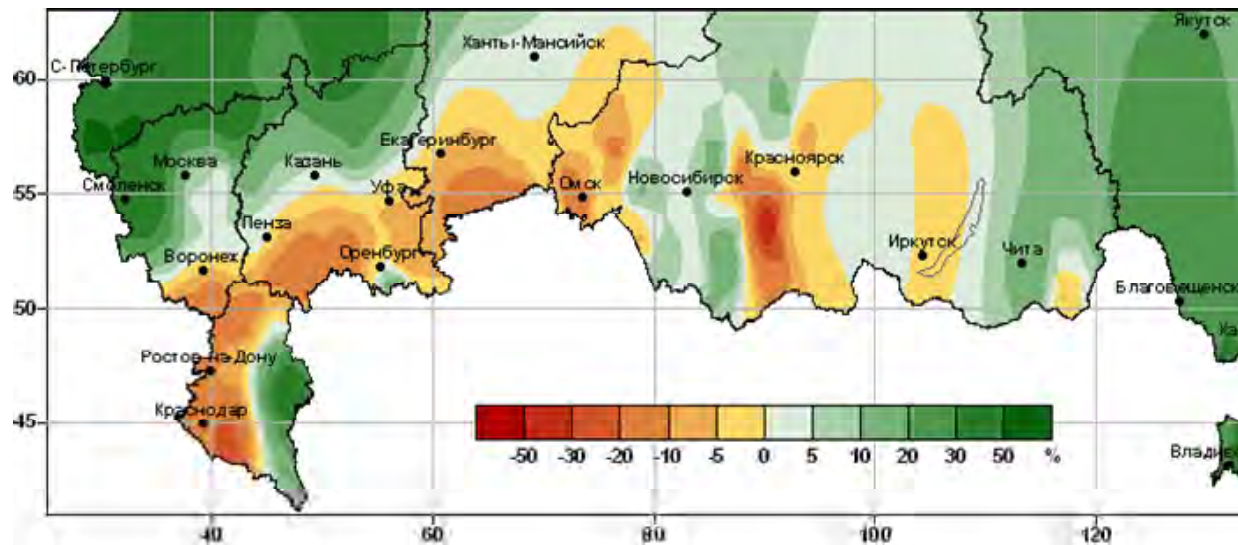
Регион	Биоклиматический потенциал				Зерновые и зернобобовые			
	Сценарий							
	2011-2030	2028-2047	2041-2060	2080-2099	2011-2030	2028-2047	2041-2060	2080-2099
	Рост содержания CO2							
	28%	39%	51%	80%	28%	39%	51%	80%
Северо-Западный	13.4	22.3	26.1	21.4	15.9	21.9	20.4	14.2
Центральный	7.8	12.9	12.0	.1	6.9	8.0	4.9	-9.5
Приволжский	9.8	11.4	10.6	-2.8	2.0	-1.0	-5.0	-25.6
Южный	-1.4	-3.4	-6.6	-14.1	-5.8	-8.3	-8.0	-10.3
Уральский	6.7	11.5	12.7	-2.7	-3.5	-7.1	-14.2	-37.9
Сибирский	8.8	14.4	13.0	1.1	-1.4	-3.7	-9.6	-27.3
Дальневосточный	8.9	11.7	10.4	2.7	11.7	16.2	16.0	3.4
Россия	7.7	11.1	10.5	-0.8	2.2	1.1	-2.4	-17.6

Изменение продуктивности яровых зерновых культур (%) по территории ЕТ России в XXI-ом веке по ансамблевому сценарию (RCP 4.5) на период: (а) 2011-2030 гг. и (б) 2080-2099 гг.

а) 2011-2030 гг.

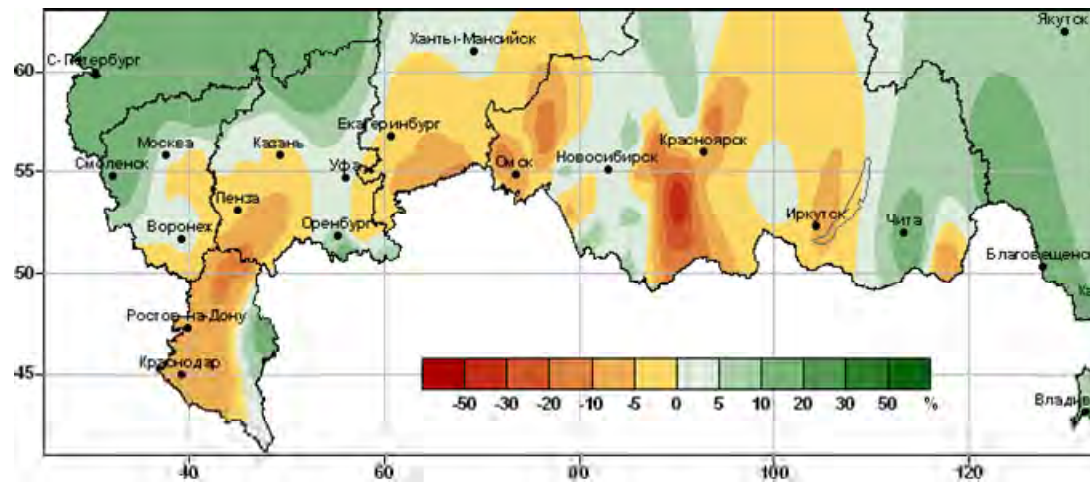


б) 2080-2099 гг.

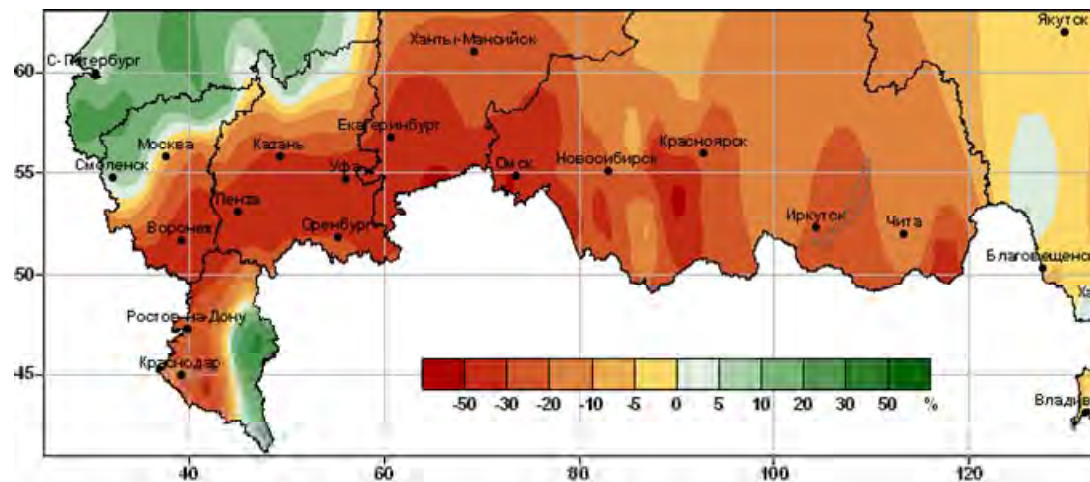


Изменение продуктивности яровых зерновых культур (%) по территории ЕТ России в XXI-ом веке по ансамблевому сценарию (RCP 8.5) на период: (а) 2011-2030 гг. и (б) 2080-2099 гг.

а) 2011-2030 гг.

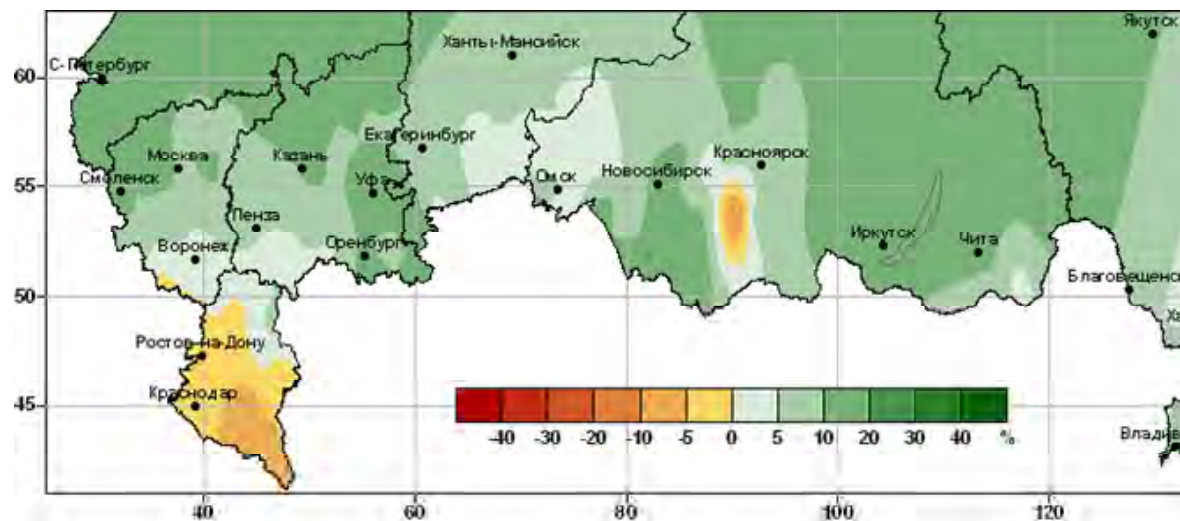


б) 2080-2099 гг.

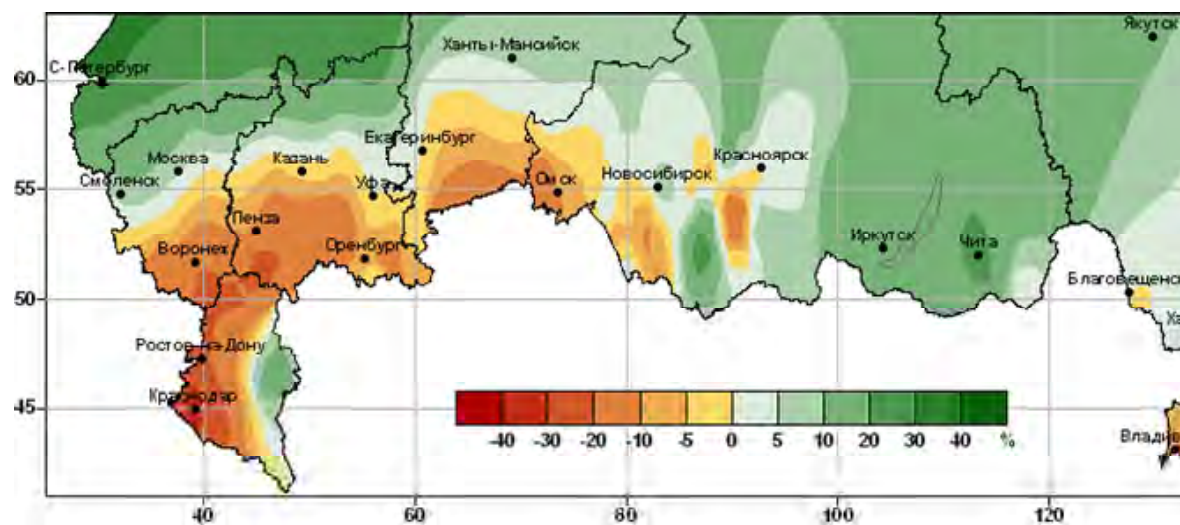


**Изменение биоклиматического потенциала культур (%) по территории
ЕТ России в XXI-ом веке по ансамблевому сценарию (RCP 8.5) на
период: 2011-2030 гг. (а) и 2080-2099 гг. (б)**

а) 2011-2030 гг.

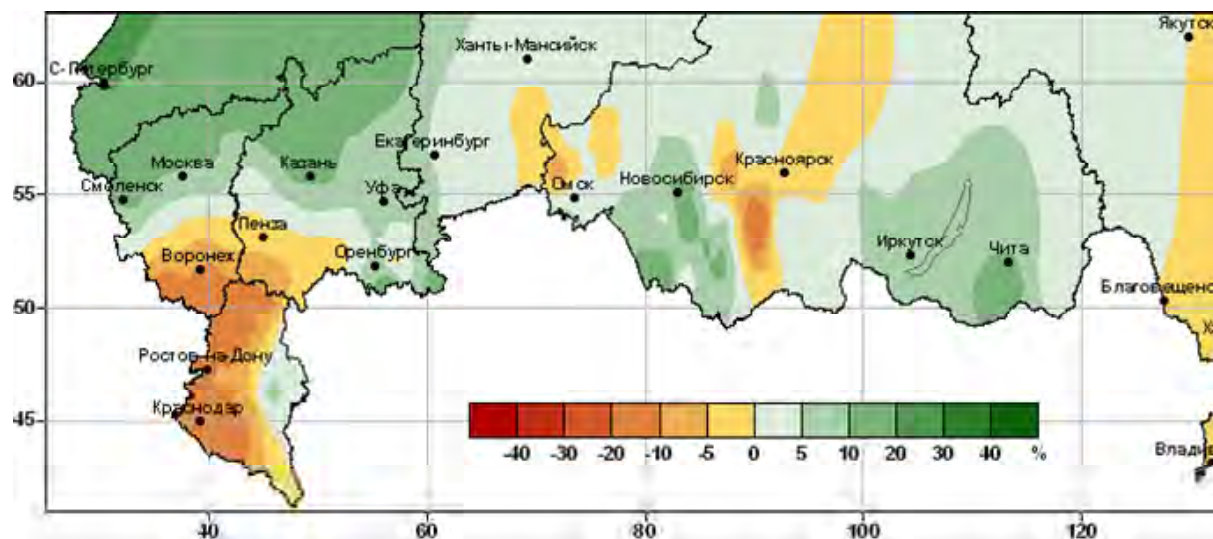


б) 2080-2099 гг.

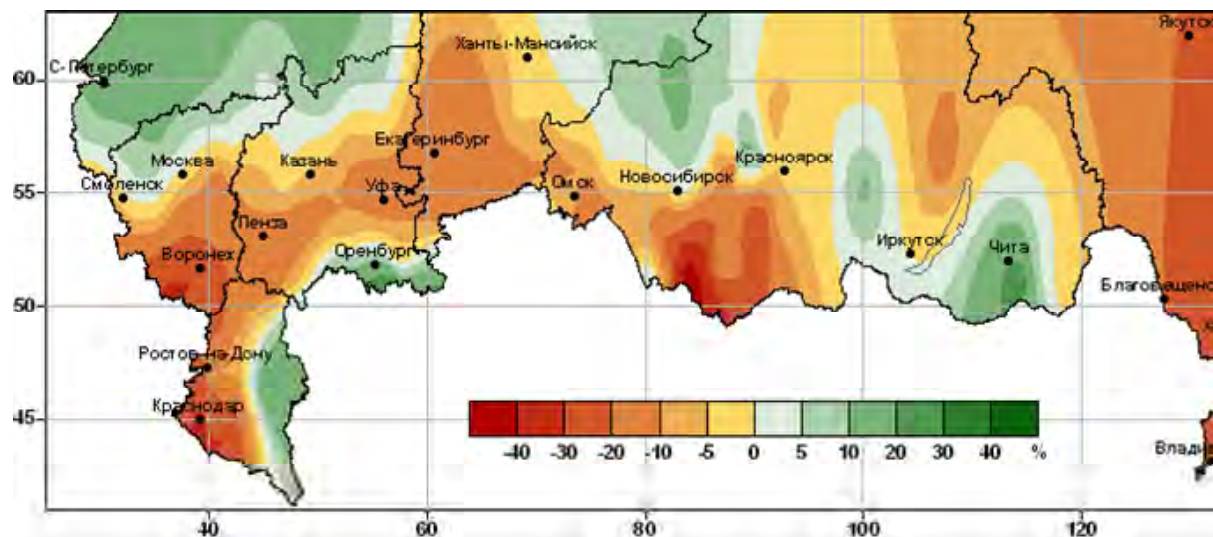


**Изменение биоклиматического потенциала культур (%) по территории
ЕТ России в XXI-ом веке по сценарию GFDL CM3 (RCP 8.5) на период
2011-2030 гг. (a) и 2080-2099 гг. (b)**

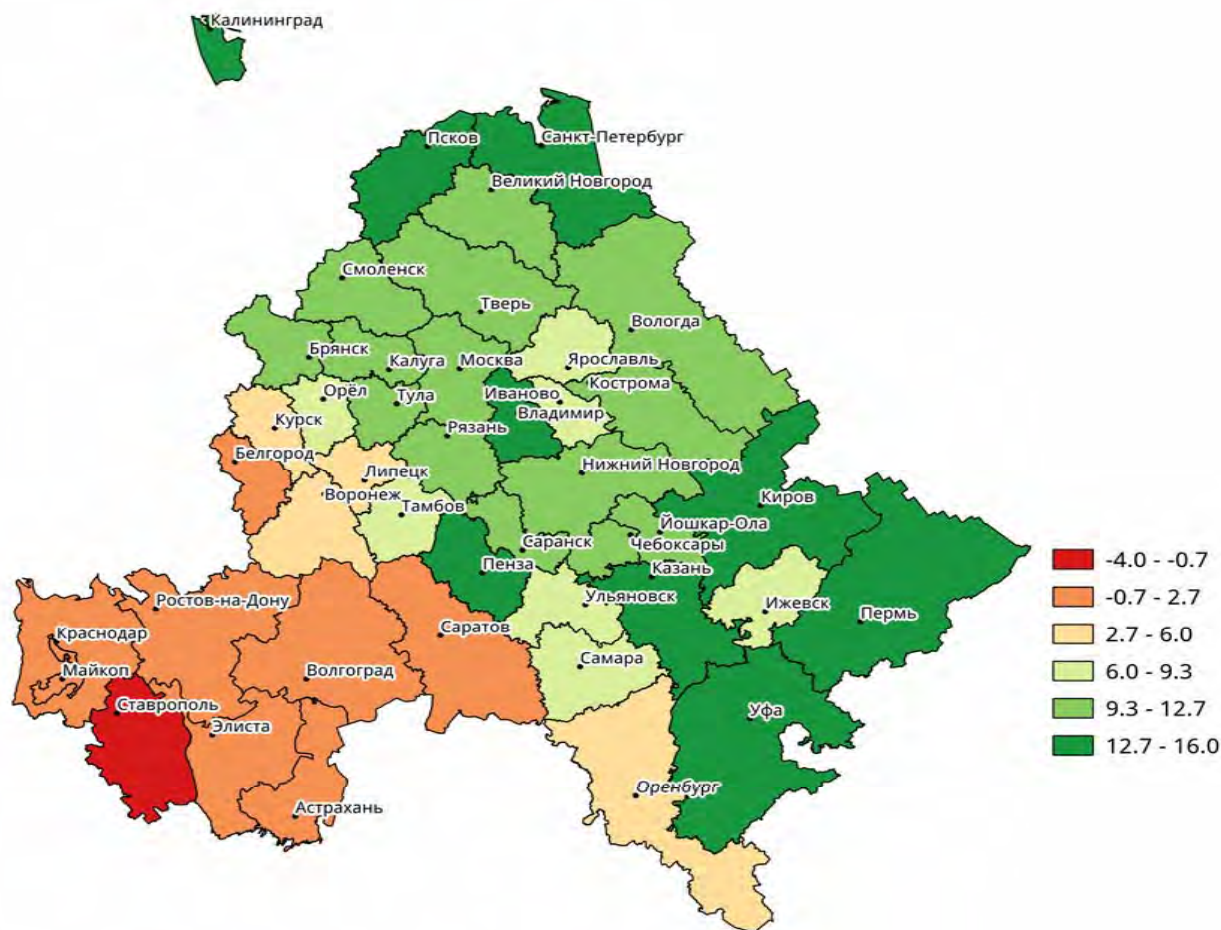
b) 2011-2030



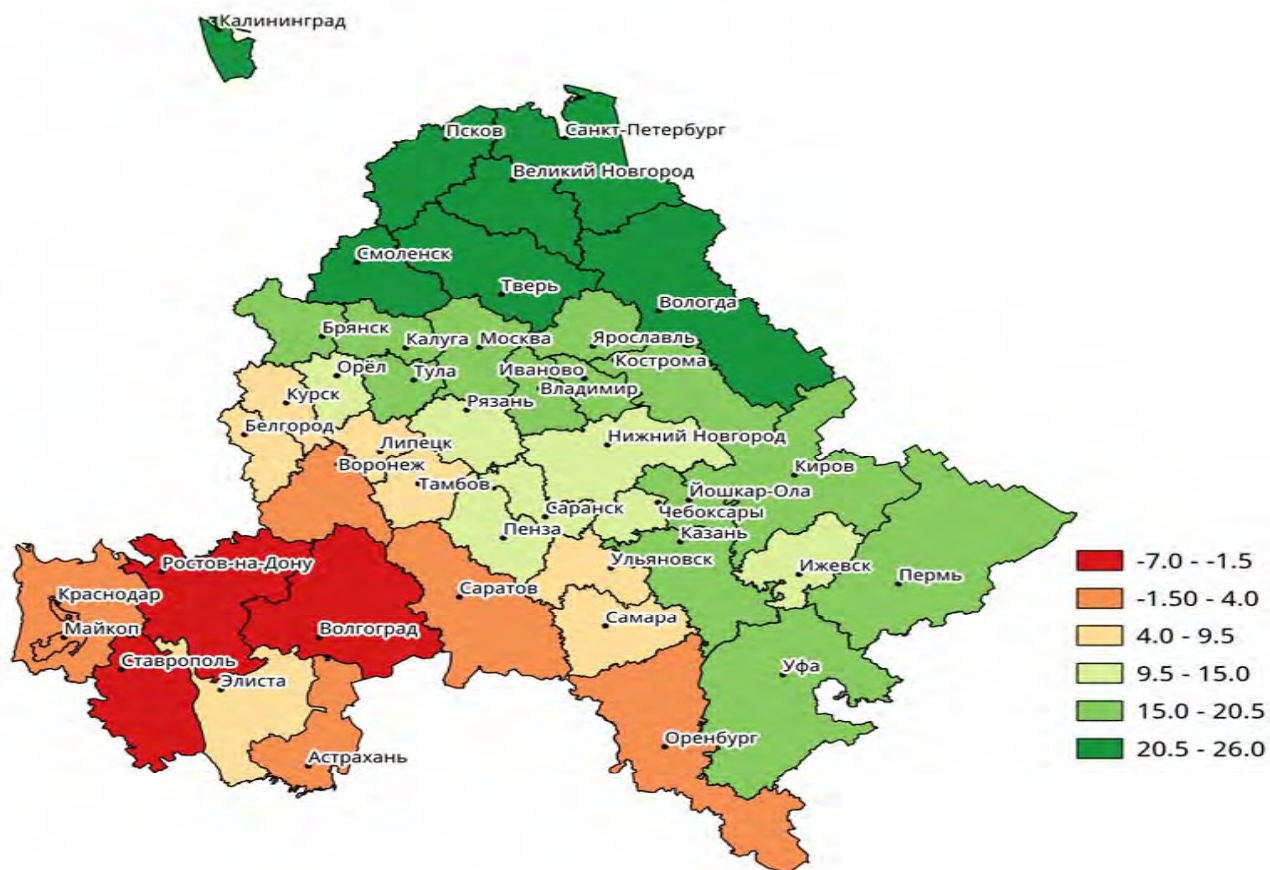
b) 2080-2099



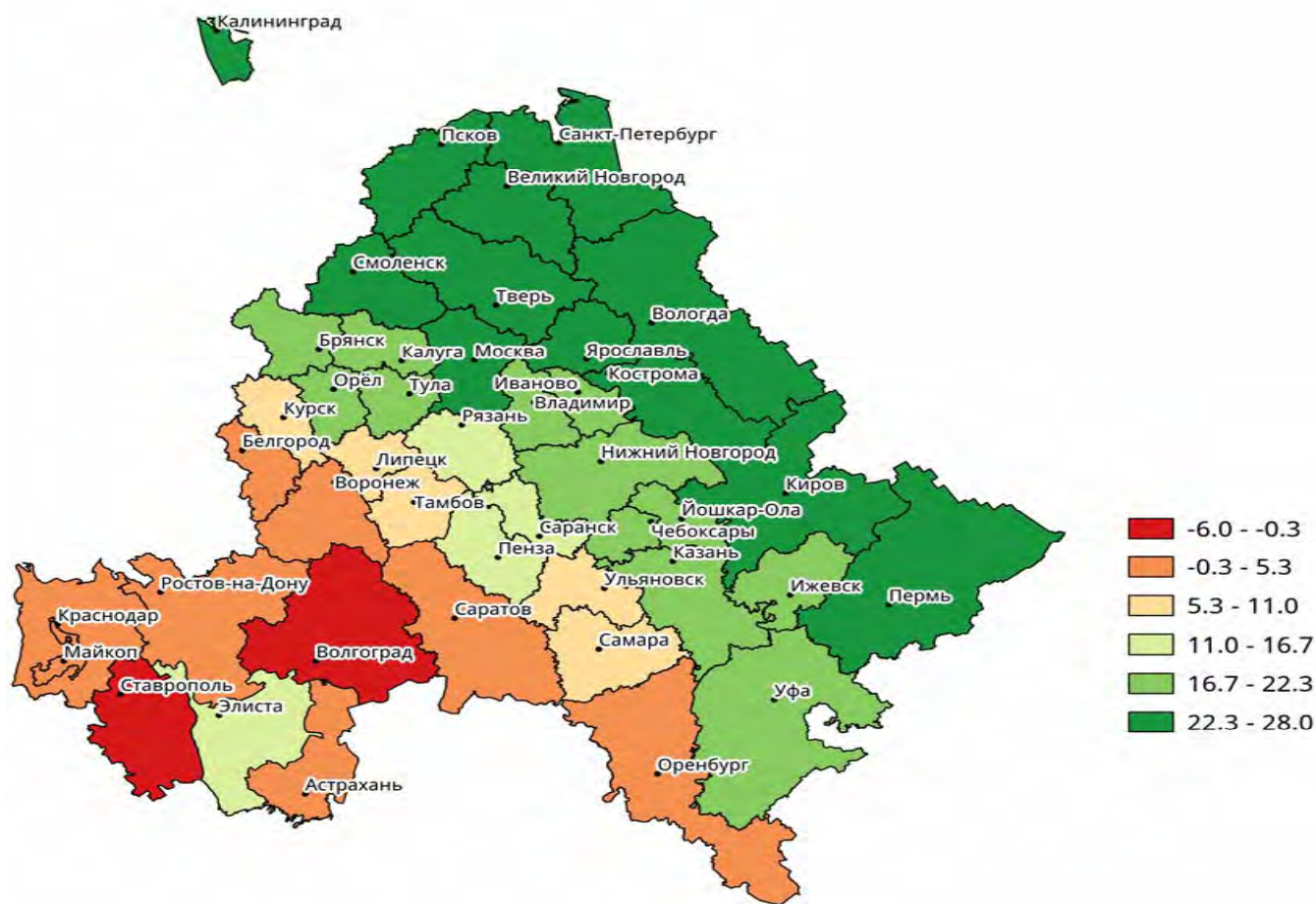
Изменение биоклиматического потенциала по субъектам ЕТ РФ по ансамблевому сценарию изменения климата (RCP 4.5) на период 2011-2030 гг.



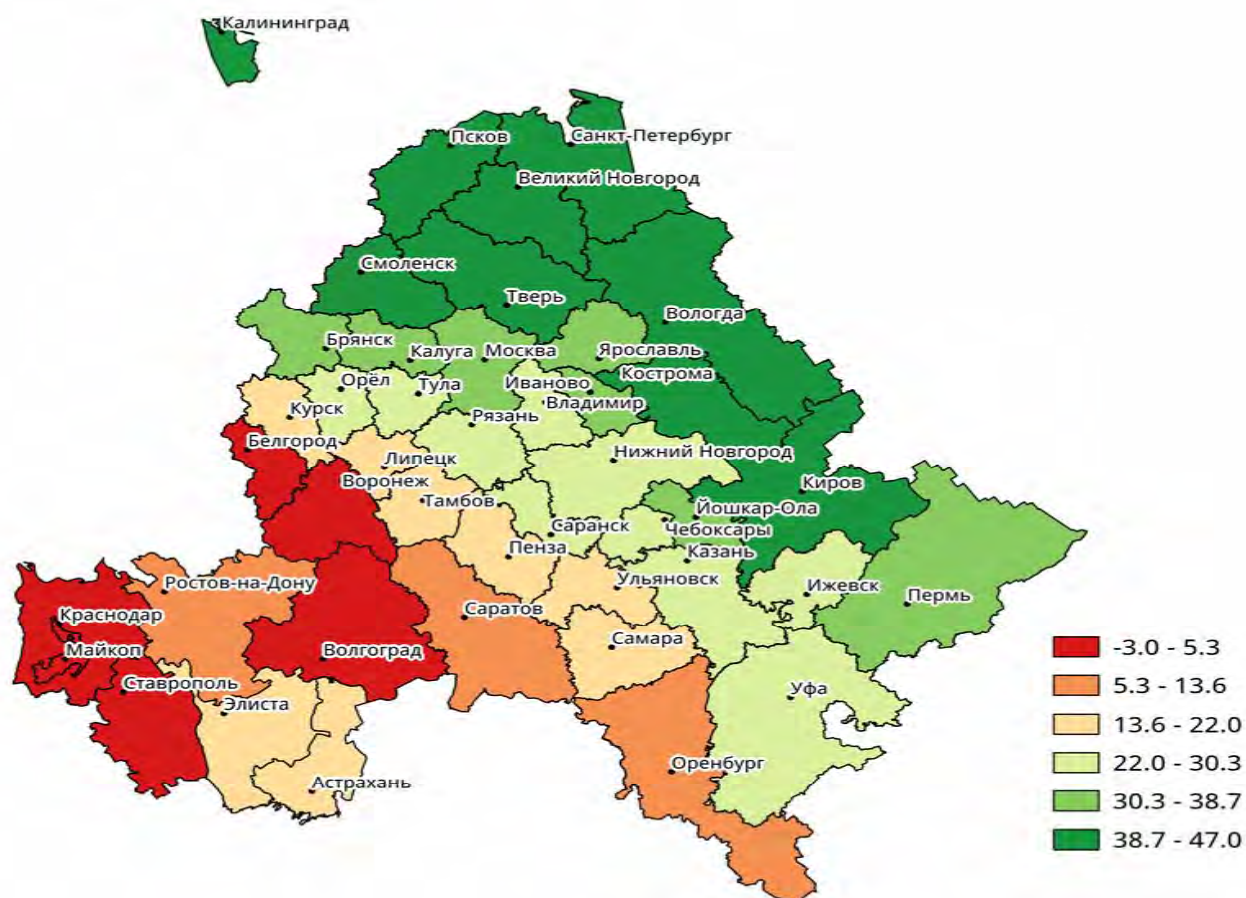
Изменение биоклиматического потенциала по субъектам ЕТ РФ по ансамблевому сценарию изменения климата (RCP 4.5) на период 2034-2053 гг.



Изменение биоклиматического потенциала по субъектам ЕТ РФ по ансамблевому сценарию изменения климата (RCP 4.5) на период 2041-2060 гг.



Изменение биоклиматического потенциала по субъектам ЕТ РФ по ансамблевому сценарию изменения климата (RCP 4.5) на период 2080-2099 гг.



Общий вывод

- К середине XXI-го века глобальное потепление по всем рассматриваемым климатическим сценариям приведет к росту БКП территории России на 3.9-11.1% по сравнению с современным уровнем. К концу текущего столетия уровень биоклиматического потенциала может снизиться до 7%.
- К концу столетия возможные потери продуктивности зерновых культур России в результате глобального потепления (при учете положительного влияния обогащения атмосферы углекислым газом) могут составить 16-18%. При расчетах по сценарию GFDL-CM3 выявляется отрицательный тренд продуктивности зерновых культур, от -0.9% для периода 2011- 2030 гг. до - 16.4% для периода 2080- 2099 гг.

* Все оценки получены для современного агротехнического уровня сельскохозяйственного производства без учета возможности его адаптации к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата.

Важнейшие направления адаптации сельского хозяйства России к изменениям климата

Последствия изменений климата	Меры по адаптации
Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур и увеличение продолжительности вегетационного периода.	Увеличение посевных площадей теплолюбивых высокоинтенсивных сельскохозяйственных культур: кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы, сои и др. Увеличение посевов пожнивных и энергетических культур. Расширение зоны субтропического земледелия на Северном Кавказе.
Уменьшение повторяемости повреждений и гибели зимующих сельскохозяйственных культур в результате повышения температуры и увеличения количества осадков.	Увеличение площадей озимых зерновых культур (пшеницы, ржи и ячменя) как более урожайных при изменении климата. Расширение площадей садовых насаждений и виноградников.
Аридизация климата в результате роста испарения и уменьшения осадков в теплый период года.	Расширение использования влагосберегающих технологий. Расширение посевов засухоустойчивых культур. Развитие орошаемого земледелия.
Рост экстремальности климатических условий, увеличение повторяемости и масштабов засух, дестабилизирующих сельскохозяйственное производство.	Оптимизация размещения зерновых культур на основании данных о динамике климатообусловленных пространственно-временных связей урожайности на территории РФ. Увеличение страховых запасов продовольствия. Оптимизация импорто-экспортной политики с учетом климатообусловленных колебаний производства зерна в сопредельных странах и на глобальном уровне.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

ГУ “ВНИИСХМ”

(48439) 44-599

***[http // CXM.ru](http://CXM.ru)
e-l cxm@meteo.ru***