

Современные и ожидаемые изменения
площадей неблагоприятных с/х земель,
обусловленных климатическими
экстремумами, на территории России

Е.А. Черенкова

Институт географии РАН
Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН

Правила отнесения территорий к неблагоприятным для сельскохозяйственного производства (постановление Правительства РФ от 27.01. 2015, № 5) базируются на оценках:

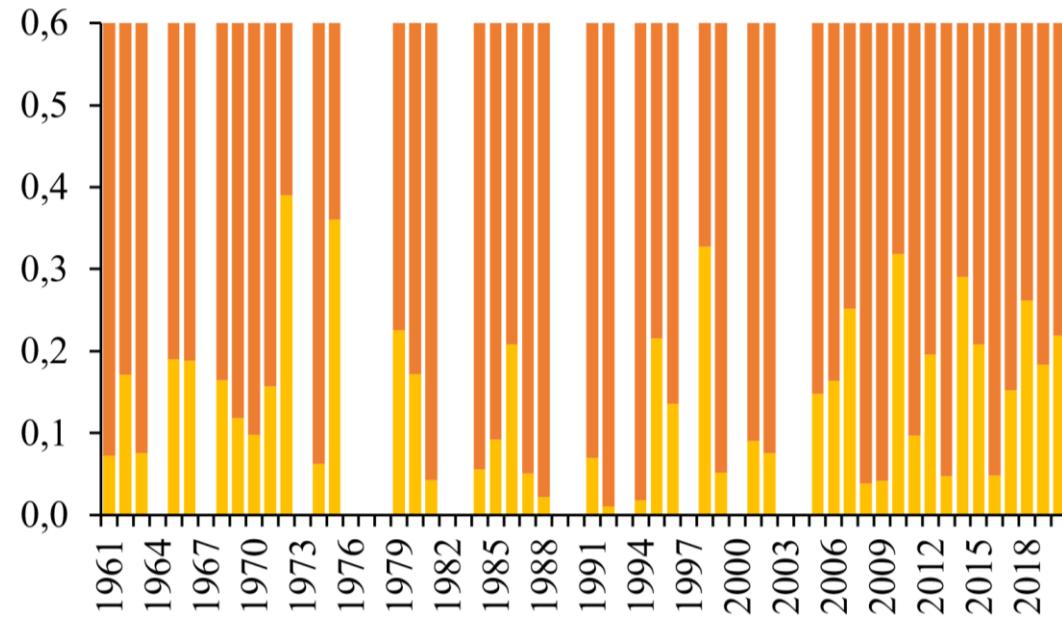
- состояния почв (гранулометрический состав, мощность почв, влажность и т.д.),
- природных (орографические особенности) и климатических (засухи в вегетационный период и переувлажнение в период уборки с/х культур) условий сельскохозяйственных угодий,
- совокупности социально-экономических факторов (относительный прирост численности сельского населения, отношение среднедушевых располагаемых ресурсов сельских домохозяйств к региональной величине прожиточного минимума, уровень безработицы в сельской местности).

Критерии неблагоприятных для сельскохозяйственного производства территорий, обусловленных климатическими факторами

- Критерии основаны на оценке ГТК Г.Т. Селянинова, рассчитанного по формуле $\text{ГТК} = \Sigma P / 0.1 \Sigma T > 10^\circ\text{C}$, где P – суточная сумма осадков (мм) в период с температурой более 10°C , T – сумма среднесуточных приземных температур воздуха ($^\circ\text{C}$) в тот же период.
- Неблагоприятной считается территория, где наблюдаются климатические экстремумы: сильная засуха с мая по август в течение более половины лет периода (длительностью не менее 20-ти лет) и/или ее переувлажнение в августе-сентябре в 30% лет и более;
- Засуха классифицируется как сильная, если значения ГТК ≤ 0.6 ;
- Переувлажнение наблюдается, если выполняется условие ГТК ≥ 2 .

Изменения увлажнения территории на юге земледельческой зоны России в сезон вегетации в 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг.

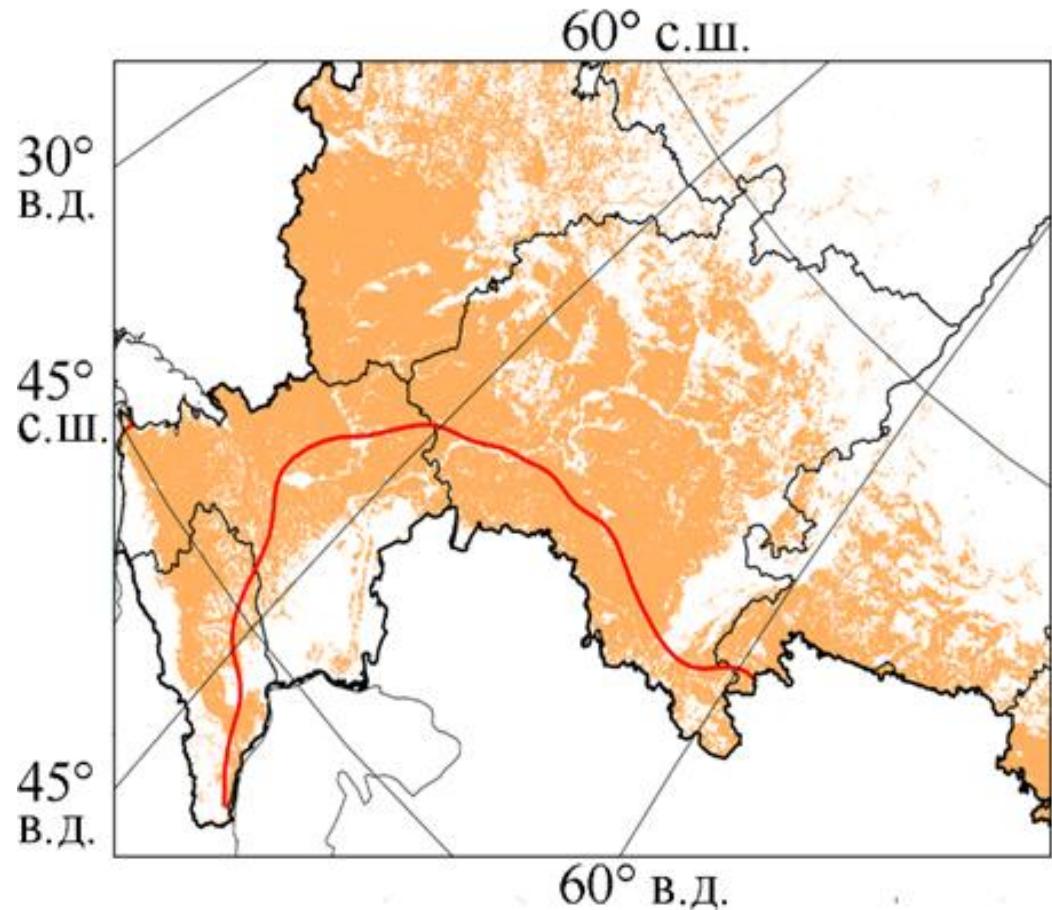
- сильные засухи в мае-августе на территории неблагоприятных для сельского хозяйства земель на юге ЕТР наблюдаются практически каждый год;
- повторяемость сильных засух в мае-августе на юге земледельческой зоны на ЕТР статистически значимо возросла на 25% в среднем за период в 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг.;



Изменения увлажнения на юге ЕТР в сезон вегетации в 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг. происходили согласно аридному типу потепления.

Многолетняя изменчивость ГТК в период 1961-2020 гг.: интенсивность сильной засухи (столбики красного цвета) в мае-августе на подверженных засухам землях на территории Северо-Западного Прикаспия

Неблагоприятные для сельскохозяйственного производства территории в земледельческой зоне России, обусловленные климатическими факторами

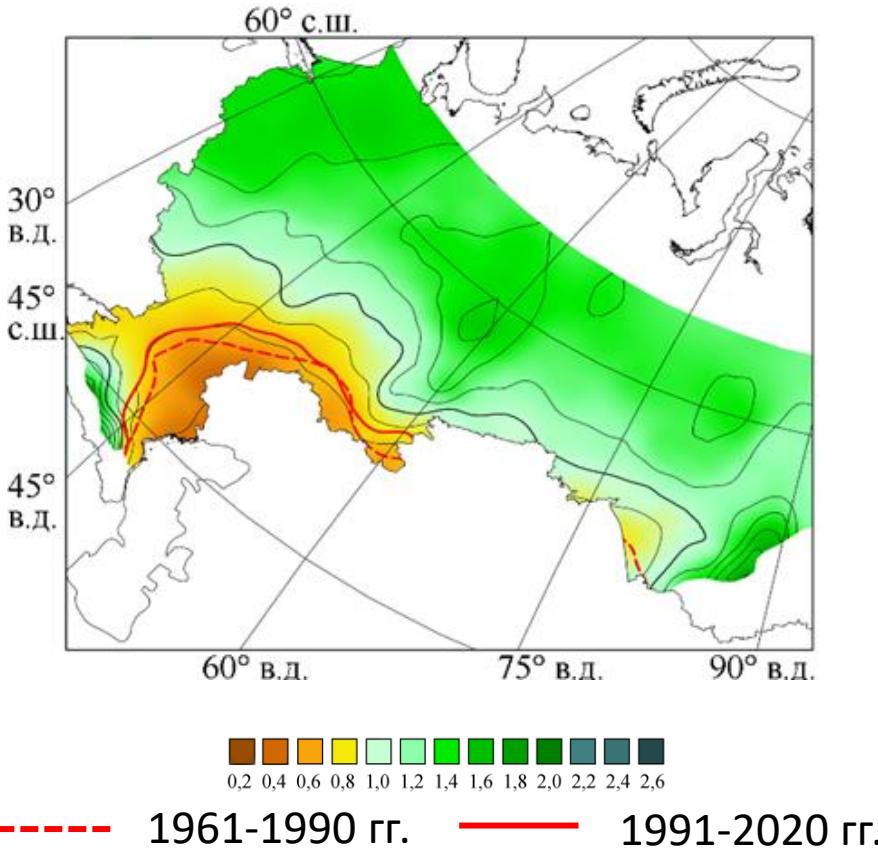


Граница (красная линия) неблагоприятных с/х территорий, подверженных сильным засухам с мая по август, в период 1991-2020 гг. на фоне пахотных земель по спутниковым данным *Landsat* [Potapov et al., 2023].

территория пахотных земель, подверженных сильным засухам в августе-сентябре, определялась согласно критерию неблагоприятных для сельскохозяйственного производства территорий, обусловленных климатическими факторами [Правила, 2015]

С/х территории, подверженные сильным засухам с мая по август в течение более половины лет периода длительностью не менее 20-ти лет, расположены на юге и юго-востоке ЕТР.

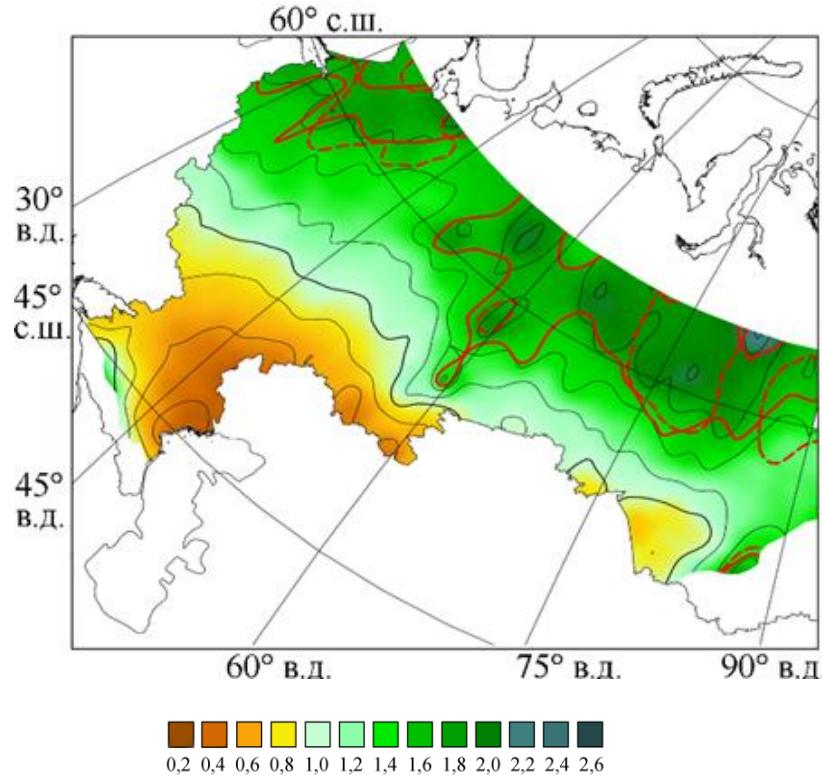
Современные изменения границ и площади неблагоприятных для сельскохозяйственного производства территорий, обусловленных климатическими факторами



- Площадь неблагоприятных пахотных земель, подверженных сильным засухам в вегетационный сезон, в период 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг. увеличилась в 1.8 раза в Южном ФО (до 91656 кв. км), в 1.9 раза в Северо-Кавказском ФО (до 14181 кв. км) и в 1.6 раза на юге Приволжского ФО (до 130021 кв. км).
- Граница неблагоприятных земель, фактически совпадающая с границей полупустынных и сухостепных ландшафтов в период 1961-1990 гг., в течение последующих тридцати лет переместилась на территорию сухостепных и типично-степных ландшафтов, а из типично-степных ландшафтов сместилась в степную зону.

К категории неблагоприятных сельскохозяйственных земель в период 1991-2020 гг. теоретически могут быть причислены почти 20% пахотных земель в Северо-Кавказском и Приволжском ФО, а также почти 35% - в Южном ФО.

Неблагоприятные для сельскохозяйственного производства территории в земледельческой зоне России, обусловленные климатическими факторами



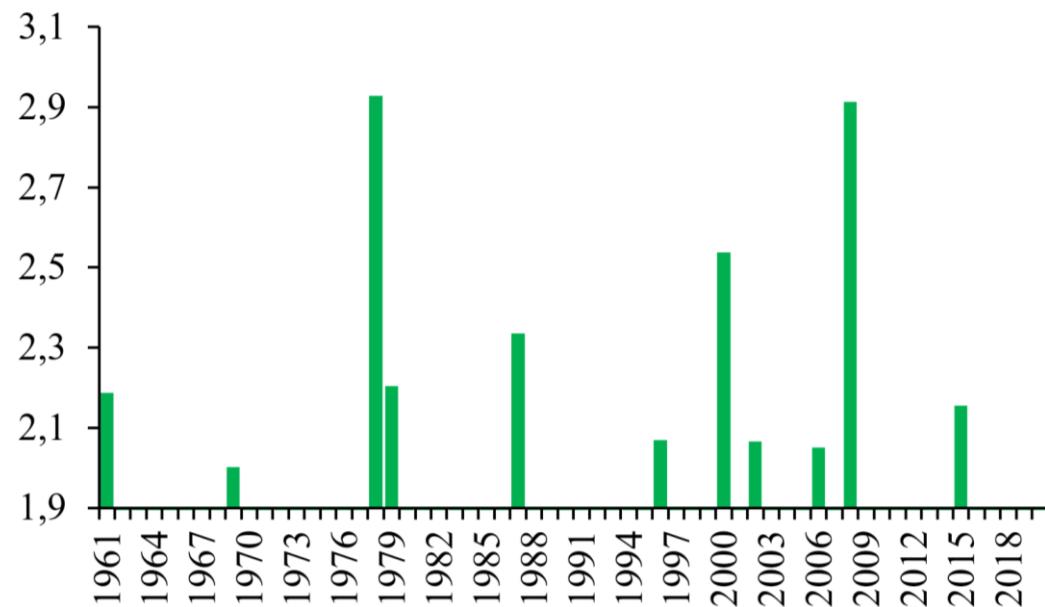
Границы (красные линии) неблагоприятных с/х территорий, подверженных переувлажнению в августе-сентябре, в период 1991-2020 гг.

территория переувлажненных пахотных земель в августе-сентябре, выявлена по критерию неблагоприятных для сельскохозяйственного производства территорий, обусловленных климатическими факторами [Правила, 2015]

С/х территории, подверженные переувлажнению в августе-сентябре в течение в 30% лет и более в период длительностью не менее 20-ти лет, расположены на севере ЕТР и Западной Сибири. Граница территории проходит преимущественно по среднетаежным ландшафтам.

Изменения увлажнения территории на севере земледельческой зоны России в сезон вегетации в 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг.

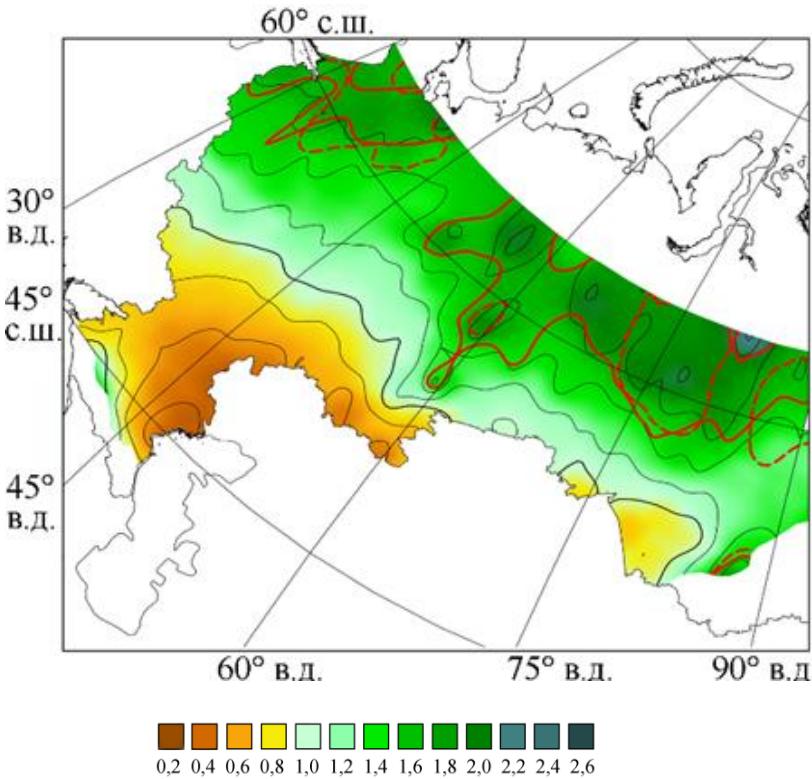
- Повторяемость переувлажненных лет в конце лета-начале осени на севере земледельческой зоны России существенно уступает повторяемости сильных засух в сезон вегетации на юге ЕТР ;
- Значимое увеличение повторяемости переувлажненных лет на 20% в период 1991-2020 гг. по сравнению с предыдущим тридцатилетием;



Изменения увлажнения на севере земледельческой зоны России в сезон вегетации в 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг. происходили согласно гумидному типу наблюдаемого потепления

Многолетняя изменчивость ГТК в период 1961-2020 гг.: интенсивность сильного переувлажнения (столбики зеленого цвета) в августе-сентябре на территории переувлажненных земель на севере земледельческой зоны России.

Современные изменения границ и площади неблагоприятных для сельскохозяйственного производства территорий, обусловленных климатическими факторами

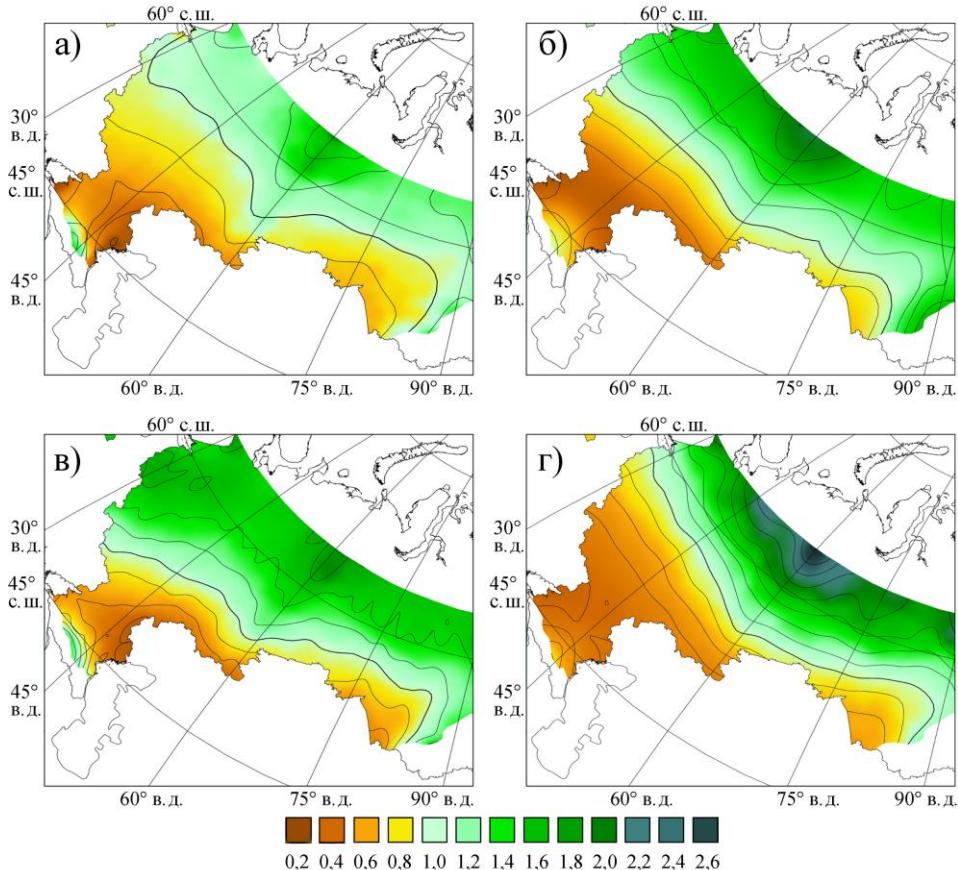


- Негативные изменения увлажнения территории неблагоприятных земель, подверженных переувлажнению в августе-сентябре, в период 1991-2020 гг. наиболее сильно затронули Северо-Западный и Уральский ФО, где границы переувлажненных земель значительно расширились, заняв более 40% и более половины территории округов соответственно.

— 1961-1990 гг. — 1991-2020 гг.

*Границы неблагоприятных земель
(красные линии), подверженных
переувлажнению в августе-сентябре на
фоне ГТК в августе-сентябре в период
1991-2020 гг. по данным метеостанций.*

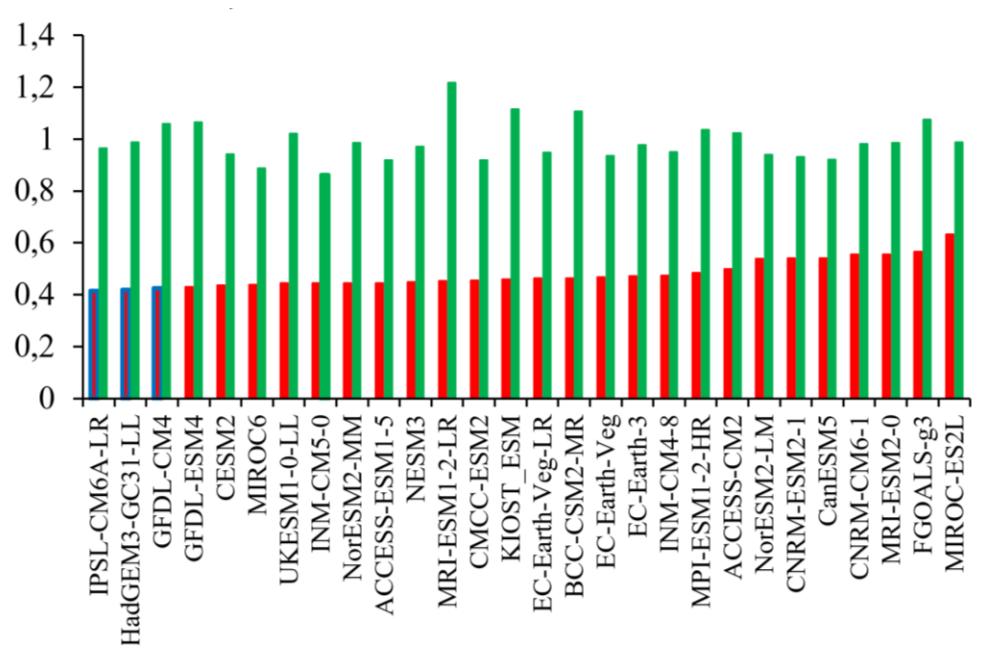
Воспроизведение границ неблагоприятных для производства сельскохозяйственной продукции земель, обусловленных климатическими условиями, по данным климатических моделей



Пространственное распределение средних значений ГТК за период 1991-2020 гг. на территории земледельческой зоны ЕЧР и Западной Сибири: в мае-августе по данным климатических моделей IPSL-CM6A-LR (а), HadGEM3-GC31-LL (б) и GFDL-CM4 (в), а также в августе-сентябре по данным INM-CM5-0 (г). Изолиния со значением 1 показана жирной линией черного цвета.

- несмотря на адекватное воспроизведение большинством климатических моделей проекта CMIP6 широтной зональности распределения соотношения тепла и влаги, а также повышенной увлажненности горных территорий Урала и Кавказских гор, практически все они отражают в целом более засушливый климат на исследуемой территории.
- способность отображать географические особенности увлажнения территории Прикаспийской низменности продемонстрировали климатические модели IPSL-CM6A-LR и GFDL-CM4. Наибольшая несогласованность значений ГТК по данным моделей и наблюдений в августе-сентябре в период 1991-2020 гг. отмечалась к северу от 60° с.ш., где, по сравнению с эмпирическими данными, моделируется как более существенная засушливость, так и более ярко выраженное переувлажнение.

Воспроизведение границ неблагоприятных для производства сельскохозяйственной продукции земель, обусловленных климатическими условиями, по данным климатических моделей



- На основании значений абсолютной ошибки для оценки перспективных изменений границ неблагоприятных для производства сельскохозяйственной продукции земель, обусловленных сильными засухами, были отобраны модели IPSL-CM6A-LR, HadGEM3-GC31-LL и GFDL-CM4. Для перспективных оценок переувлажненных земель выбрана модель INM-CM5-0.

Абсолютная ошибка воспроизведения ГТК (безразмерная) в мае-августе (столбики красного цвета) на ЕТР к югу от 54° с.ш. и августе-сентябре (столбики зеленого цвета) в меридионально ориентированной полосе, ограниченной 57° с.ш. и 64° с.ш., за период 1991-2020 гг. по данным климатических моделей проекта CMIP6. Столбики с ошибкой для отобранных моделей обведены синим контуром.

Ожидаемые в XXI-м веке изменения границ и площади неблагоприятных для сельскохозяйственного производства территорий, обусловленных климатическими факторами

Изменения (кратность) площадей территории неблагоприятных для производства сельскохозяйственной продукции в Федеральных округах РФ на ЕЧР и в Западной Сибири, ожидаемых в 2021-2050 гг. (II) и в 2051-2080 гг. (III) по сравнению с 1991-2020 гг. по данным климатических моделей по сценариям SSP245 и SSP585.

Федеральные округа РФ	С/х земли, охваченные сильными засухами								Переувлажненные с/х земли								
	HadGEM3-GC31-LL				GFDL-CM4				IPSL-CM6A-LR				Федеральные округа РФ				
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	SSP245	SSP585	
Приволжский	1.2	1.6	1.2	2.1	1.3	1.4	1.3	1.1	2.6	4.9	2.5	6.4	Приволжский	2.9	1.6	3.8	2.3
Южный	1	1	1	1	1.3	1	1.1	1.2	1.9	1.9	1.7	2	Северо-Западный	1.1	1.4	1.2	2.4
Северо-Кавказский	1.2	1.7	1.2	1.5	1.4	1.8	1.2	1.6	2.1	4.7	2.4	4.7	Уральский	1.1	1.5	3.1	3

 увеличение площадей

 уменьшение площадей

К середине и к концу XXI в. ожидается дальнейшая аридизация на юге ЕЧР и расширение территории неблагоприятных земель, охваченных засухами, а также уменьшение переувлажненных территорий на севере земледельческой зоны.

По данным моделей HadGEM3-GC31-LL, GFDL-CM4 и IPSL-CM6A-LR следует ожидать большего охвата засухами Южного, Северо-Кавказского и в Приволжского ФО. Наибольший рост таких площадей ожидается по данным IPSL-CM6A-LR в 2051-2080 гг. по сравнению с 1991-2020 гг.: на юге Приволжского ФО, а также в Северо-Кавказском ФО почти в пять раз по сценарию SSP245 и в 5-6 раз по SSP585. При этом моделью INM-CM5-0 прогнозируется преимущественно сокращение площади переувлажненных территорий в августе-сентябре в диапазоне от 1.1 до 3.8 раз в зависимости от выбранного сценария.

Выводы:

В период 1991-2020 гг. по сравнению с 1961-1990 гг. наблюдалось расширение территорий, неблагоприятных для сельскохозяйственной деятельности на пахотных землях в Европейской части России и Западной Сибири. Это связано с двумя основными тенденциями:

- *Увеличение засух:* На юге и юго-востоке исследуемой территории, включая Северо-Западный Прикаспий, Оренбуржье, юг Поволжья и Северо-Кавказский ФО, отмечался рост повторяемости сильных засух в мае-августе. Площадь земель, подверженных засухам, увеличилась почти вдвое в некоторых регионах.
- *Увеличение переувлажнения:* На севере земледельческой зоны наблюдался рост частоты переувлажнения в августе-сентябре. Площадь таких земель также значительно увеличилась, в некоторых регионах - в 1.3-6 раз.

Результаты моделирования с помощью некоторых климатических моделей (IPSL-CM6A-LR, HadGEM3-GC31-LL, GFDL-CM4, INM-CM5-0) свидетельствуют о дальнейшем расширении территории неблагоприятных пахотных земель в будущие периоды (2021-2050 гг. и 2051-2080 гг.):

- *Аридизация южных регионов:* Прогнозируется дальнейшее увеличение площади земель, подверженных сильным засухам, особенно на юге и юго-востоке ЕТР. Согласно самому неблагоприятному сценарию, почти все пахотные земли Южного округа могут стать непригодными для сельского хозяйства в ближайшие 30 лет.
- *Уменьшение переувлажнения на севере:* Модели предполагают возможное уменьшение площади переувлажненных земель на севере из-за прогнозируемой аридизации.