

СТАТЬИ

УДК 631:551.5

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ И СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ К НИМ СЕЛЕКЦИИ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Левицкая Н.Г., Демакина И.И.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», Саратов, e-mail: agro-uv@yandex.ru

В статье показаны изменения агроклиматических ресурсов на территории Саратовской области за период наиболее интенсивного потепления климата (1971–2018 гг.) и подчеркнута необходимость своевременной адаптации к ним сельского хозяйства региона. Представлены результаты исследований по изменению термического режима и увлажнения территории по сравнению с нормой Научно-прикладного справочника по климату СССР (1891–1980 гг.) и нормой «стандартного» 30-летия (1971–2000 гг.), рекомендуемой ВМО для характеристики современного климата. Показан рост средних месячных и годовых температур воздуха, временной сдвиг в датах устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5 и 10°, что приводит к увеличению продолжительности вегетационного периода на 8–10 дней и росту его теплообеспеченности на 190–280°. Сумма отрицательных температур воздуха уменьшилась на 165–265°, что указывает на существенное потепление зим. Анализ текущих изменений показателей увлажненности территории указывает на увеличение межгодовой и межсезонной изменчивости осадков и рост экстремальности их выпадения. На современном этапе (2001–2018 гг.), по сравнению с нормой «стандартного» 30-летия (1971–2000 гг.), годовые суммы осадков остаются близкими к климатической норме, но сохраняется их межсезонная и межгодовая изменчивость. Наибольший рост осадков (на 20–50%) наблюдается в марте и октябре и устойчивое их снижение – в июле, августе и сентябре. В условиях наблюдаемого режима осадков риски сильных атмосферных засух увеличились в августе на 28–30% в лесостепных и черноземно-степных районах, в сентябре – на 23–25% и июне – на 11–25% в сухостепных и полупустынных районах области. Дана оценка благоприятности наблюдаемых изменений климата для сельского хозяйства и представлена стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий.

Ключевые слова: температур воздуха, количество осадков, ГТК, засуха, адаптация

MODERN CLIMATE CHARACTERS OF THE SARATOV REGION AND ADAPTATION STRATEGY OF BREEDING AND AGROTECHNOLOGIES TO THEM

Levitskaya N.G., Demakina I.I.

Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of Agriculture of the South-East», Saratov, e-mail: agro-uv@yandex.ru

The article shows the changes in agro-climatic resources in the territory of the Saratov region during the period of the most intensive climate warming (1971–2018) and emphasizes the need for timely adaptation of the region's agriculture to them. The results of studies on changes in the thermal regime and wetting of the territory are presented in comparison with the standard of the Scientific and Applied Reference for Climate of the USSR (1891–1980) and the standard of the «established» 30 year period (1971–2000) recommended by WMO to characterize modern climate. An increase in average monthly and annual air temperatures, a time shift in the dates of a stable transition of air temperature through 0, 5 and 10° is shown, which leads to an increase in the duration of the growing season by 8–10 days and an increase in its heat supply by 190–2800. The sum of negative air temperatures decreased by 165–2650, which indicates a significant warming of winters. An analysis of the current changes in the indicators of moisture content in the territory indicates an increase in interannual and inter-seasonal variability of precipitation and an increase in the extremeness of their precipitation. At the present stage (2001–2018), compared with the standard of the «established» 30 year period (1971–2000), the annual precipitation remains close to the climatic standard, but their inter-seasonal and interannual variability remains. The greatest increase in precipitation (by 20–50%) is observed in March and October, and their steady decline – in July, August and September. Under the observed precipitation regime, the risks of severe atmospheric droughts increased in August by 28–30% in forest-steppe and chernozem-steppe regions, in September – by 23–25% and in June – by 11–25% in dry-steppe and semi-desert regions of the region in study. An assessment of the favorable climate change for agriculture is given, and a strategy for adaptation of breeding and agricultural technologies to them is presented.

Keywords: air temperature, rainfall, SCC, drought, adaptation

В условиях современной волны глобального потепления климата анализ региональных его проявлений и воздействия на сельское хозяйство с целью приспособления к ним агросферы приобретает все большее значение. Многие исследователи отмечают, что глобальное потепление климата практически повсеместно сопровождается

снижением его устойчивости и одновременным ростом повторяемости различных неблагоприятных гидрометеорологических явлений [1–3].

Особую актуальность проблема учета климатических изменений для своевременной адаптации сельского хозяйства к новым условиям имеет в районах неустойчивого

и недостаточного увлажнения, где климат всегда отличался частой повторяемостью засух и суховеев, дестабилизирующих устойчивое развитие зернового хозяйства в регионе. Поэтому изучение пространственно-временных особенностей формирования засух и выявление тенденций их изменения с целью разработки мероприятий по снижению негативного влияния засух на сельскохозяйственное производство находятся в центре внимания ученых и специалистов [4, 5].

Цель исследования: определение количественных показателей изменения агроклиматических ресурсов Саратовской области с целью осуществления информационной поддержки при разработке мер адаптации сельского хозяйства к этим изменениям.

Задача исследований включала расчет и оценку изменения показателей тепло- и влагообеспеченности различных почвенно-климатических зон области, а также вероятности засух сильной интенсивности в отдельные периоды вегетации зерновых культур, обуславливающих наибольшие потери урожая.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследований послужили данные наблюдений за 1971–2018 гг. по 20 метеорологическим станциям, расположенным в различных почвенно-климатических зонах области, взятые из агрометеорологических бюллетеней по Саратовской области.

Современное состояние агроклиматических ресурсов сравнивалось с данными Научно-прикладного справочника по климату СССР, в котором обобщены материалы наблюдений за 1891–1980 г. [6]. Кроме того, были учтены рекомендации ВМО по использованию для характеристики современного климата в качестве «стандартного» 30-летия данных за 1971–2000 гг. Климатические нормы за этот период по температуре воздуха и осадкам были рассчитаны по всем 20 метеостанциям области. Чтобы оценить тенденции и скорость изменения агроклиматических ресурсов на современном этапе, с этими климатическими нормами сравнивались средние показатели тепло и влагообеспеченности вегетационного периода за 2001–2018 гг.

Средние многолетние температуры воздуха и суммы осадков за анализируемые периоды определялись с помощью статистического метода.

Интенсивность засух оценивалась по гидротермическому коэффициенту Селяни-

нова (ГТК) в соответствии со следующими критериями этого показателя: $ГТК \leq 0,3$ – очень сильная засуха; $ГТК = 0,4 - 0,5$ – сильная засуха и $ГТК = 0,6 - 0,7$ – средняя засуха.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ показал, что среднегодовая температура воздуха во всех природных зонах Саратовской области за 1981–2018 гг. увеличилась по сравнению с климатической нормой за 1891–1980 гг. на $1,5-1,6^\circ\text{C}$ (табл. 1). Так по данным климатического справочника среднегодовая температура воздуха изменялась от $4,2^\circ$ в лесостепи до $5,8^\circ$ в полупустынных районах области, а в период с 1981 по 2018 г. она стала составлять от $5,7^\circ$ до $7,4^\circ$ соответственно. При этом основной вклад в рост годовой температуры воздуха внесли зимние месяцы, средние температуры которых увеличились на $2,7-4,9^\circ\text{C}$. В период с мая по сентябрь рост температуры воздуха в основном составил $0,4-0,8^\circ\text{C}$.

Тенденции устойчивого роста температуры воздуха прослеживаются и при сравнении средних многолетних показателей за 2001–2018 гг. со стандартной климатической нормой за 1971–2000 гг. Средняя годовая температура воздуха за 1971–2000 гг. изменялась по природным зонам от $5,1^\circ$ до $6,8^\circ$, а за последний 18-летний период ее значения составляли от $6,2^\circ$ до $7,8^\circ$, т.е. увеличились на $1,0-1,1^\circ\text{C}$. Однако основной вклад в рост годовой температуры воздуха вносят уже не зимние месяцы, а март, июль, август, сентябрь и ноябрь, причем наибольшее увеличение (на $2,0-2,2^\circ\text{C}$) температуры воздуха на современном этапе наблюдается в августе.

Отмеченные выше изменения температурного режима приводят к дальнейшему временному сдвигу в датах устойчивого перехода температуры воздуха через 0 ; 5 и 10° . Так весной переход температуры через 0° в среднем стал происходить на 6, а через 5 и 10° – на 2–3 дня раньше прежних сроков. Осенью переходы температур через эти пределы происходят наоборот позже в среднем на 8 дней по сравнению с прежними сроками. В итоге продолжительность вегетационного периода в регионе увеличилась на 8–10 дней. Эти тенденции следует отнести к положительным последствиям наблюдаемых изменений климата, поскольку в регионе создаются условия для внедрения культур с более длительным периодом вегетации.

Таблица 1

Изменение показателей термических ресурсов за различные временные периоды по природным зонам Саратовской области

Природная зона	Показатель			
	Средняя годовая температура воздуха, °С	Средняя температура самого теплого месяца (июля), °С	Сумма температур воздуха выше 10°С	Продолжительность вегетационного периода, дни
1981–2018÷1891–1980 гг.				
Лесостепь	1,5	0,7	280	10
Засушливая черноземная степь	1,5	0,4	240	9
Сухая степь	1,6	0,4	210	8
Полупустыня	1,6	0,6	190	8
2001–2018÷1971–2000 гг.				
Лесостепь	1,1	1,2	190	9
Засушливая черноземная степь	1,0	1,3	150	10
Сухая степь	1,0	1,1	130	8
Полупустыня	1,0	1,0	120	8

Активное потепление в весенне-летний и осенний периоды сказывается на увеличении теплообеспеченности вегетационного сезона. За период интенсивного потепления (1981–2018 гг.) сумма температур воздуха выше +10° увеличилась по сравнению с климатической нормой за 1891–1980 гг. на 240–280° в черноземностепных и лесостепных районах и на 190–210° в полупустынных и сухостепных районах Заволжья. Теплообеспеченность вегетационного сезона в этот период превышала климатическую норму в 84% лет. Максимальные положительные аномалии по суммам температур (600–800°) наблюдались в 1991, 1995, 2010 и 2012 гг. В период с 2001 по 2018 гг. по сравнению с нормой за 1971–2000 гг. показатель теплообеспеченности вегетационного периода увеличился в этих районах соответственно на 150–190° и 120–130°С, а повторяемость положительных аномалий сумм температур составила 78%.

В целом рост теплообеспеченности вегетационного периода является благоприятным фактором, так как позволяет отдавать предпочтение в выращивании позднеспелых сортов и гибридов, отличающихся, как известно, большей продуктивностью.

К благоприятным последствиям потепления климата следует отнести и увеличение повторяемости теплых зим. В период с 1981 по 2018 гг. в 84% лет зимы на всей территории области отличались экстремально теплым или аномально теплым температурным режимом, а последняя экстремально холодная зима, когда средняя

за декабрь – февраль температура воздуха была на 3,5° ниже климатической нормы, наблюдалась в 1969 г. Сумма отрицательных температур воздуха за период с 2001 по 2018 г. уменьшилась, по сравнению с нормой «стандартного» 30-летия, на 165–265°, что также указывает на существенное потепление зим.

Наблюдаемая тенденция благоприятна для зимовки озимых культур, поскольку до 1980-х гг. преобладающей причиной повреждения и гибели озимых культур в период зимовки, по исследованиям П.Г. Кабанова, было вымерзание посевов осенью до установления устойчивого снежного покрова или в начале весны после раннего его схода с полей. Среди наблюдаемых изменений климата необходимо отметить, что в последние годы в области увеличивается вероятность зим с аномально высоким снежным покровом, неглубоким промерзанием почвы и высокой температурой почвы на глубине узла кушения озимых в течение всей зимовки. По данным В.А. Моиссейчик, при сохранении на полях мощного снежного покрова высотой более 30–40 см в течение более 5 декад, глубине промерзания почвы менее 50 см и температуре почвы на глубине узла кушения озимых равной –0...–1° создаются благоприятные условия для развития процессов выпревания растений. Примером такой зимы в Саратовской области стала зима 2018–2019 гг. Аномально высокий снежный покров в большинстве районов области установился в третьей декаде декабря и сохранялся в течение 9–10 декад

подряд при температуре почвы на глубине 3 см равной $-0-1^{\circ}$ и глубине промерзания почвы около 30 см. В таких условиях гибель озимых от выпревания в отдельных районах превысила 20–30% площадей. Исследованиями установлено, что за период с 1981 по 2018 г. условия для выпревания озимых в северных и северо-западных районах Правобережья Саратовской области складывались в 20% лет.

С учетом выявленной тенденции изменения климатических условий зимнего периода возникает необходимость селекции и подбора сортов озимых культур, обладающих высокой толерантностью к изменениям температурного режима и устойчивых к выпреванию с оптимальным размещением их по почвенно-климатическим зонам региона.

Анализ текущих изменений показателей увлажнения, в качестве которых рассматривались суммы осадков и значения ГТК, характеризующего соотношение изменений температуры воздуха и количества осадков, показал, что в исследуемый период наблюдается увеличение межгодовой и межсезонной изменчивости сумм атмосферных осадков, что нивелирует положительную динамику термических показателей, неблагоприятно сказываясь на сельском хозяйстве.

Исследованиями установлено, что средняя годовая сумма осадков за период наиболее интенсивного потепления климата (с 1981 по 2018 г.) изменялась от 521 мм в лесостепи до 331 мм в полупустыне, тогда как по данным климатического справочника значения годовых сумм осадков изменялись от 489 до 310 мм. То есть в среднем

по всем природным зонам региона годовое количество осадков увеличилось на 7–8%. При этом основной вклад в увеличение количества годовых осадков внесли осадки холодного периода, сумма которых выросла за 1981–2018 гг., по сравнению с климатической нормой, на 40–70% (табл. 2). Сумма осадков теплого периода также увеличилась в основном на 6–15% за счет роста осадков в апреле, июне и сентябре. В то время как в мае и августе отмечалась устойчивая тенденция уменьшения количества выпадающих осадков.

На современном этапе, по сравнению с нормой «стандартного» 30-летия, наблюдается несколько иная картина изменчивости атмосферных осадков. Так суммы осадков в целом за год, теплый и холодный периоды в большинстве районов области остаются близкими к климатической норме за 1970–2000 гг., составляющей от 520 до 334 мм. Однако сохраняется внутрисезонная изменчивость осадков, выражающаяся в наибольшем росте осадков (на 20–50%) в марте и октябре, а также их увеличении на 10–20% в январе, феврале, апреле и мае. При этом устойчиво уменьшается количество осадков во всех природных зонах в июле, августе и сентябре. В сухостепных и полупустынных районах эта тенденция сохраняется еще и в июне, ноябре и декабре.

Исследованиями также установлено, что в условиях современной волны потепления климата увеличивается экстремальность выпадающих осадков. Это выражается в увеличении интенсивности ливневых осадков, с одной стороны, и повышении риска засушливых явлений, с другой стороны.

Таблица 2

Изменение количества осадков (в%) за различные временные периоды по природным зонам Саратовской области

Природная зона	Сумма осадков, %			
	год	Теплый период	Холодный период	Май – июль
1981–2018÷1891–1980 гг.				
Лесостепь	106	116	142	102
Засушливая черноземная степь	108	114	150	105
Сухая степь	111	106	171	103
Полупустыня	107	123	140	102
2001–2018÷1971–2000 гг.				
Лесостепь	97	97	104	96
Засушливая черноземная степь	103	99	115	104
Сухая степь	101	100	101	97
Полупустыня	96	101	90	95

Для практического использования информации об изменениях рисков сильных атмосферных засух при корректировке технологий возделывания сельскохозяйственных культур важно оценить эти изменения в отдельные периоды вегетации.

Так, известно, что большой вклад в исход зимовки озимых культур вносят сроки сева и условия осенней вегетации растений, которые определяют их состояние после прекращения вегетации. Для определения рисков поздних летних и осенних засух по всем природным зонам был проведен анализ значений ГТК $\leq 0,5$, характеризующих сильную засуху, в августе и сентябре.

Результаты расчетов показали, что вероятность сильных засух в августе во всех природных зонах области значительно превосходит вероятность этого опасного явления в сентябре. При этом наиболее часто сильные засухи наблюдаются в сухостепных и крайних юго-восточных районах Заволжья. Так, в период 1971–2000 гг. их повторяемость в августе в этих районах составила 60–83%, а после 2000 г. увеличилась до 78–94% (табл. 3).

Таблица 3

Вероятность (%) сильных атмосферных засух (ГТК $\leq 0,5$) в VIII и IX за период 1971–2000 и 2001–2018 гг.

Зона	Август	Сентябрь
1971–2000		
Лесостепь	27	33
Засушливая черноземная степь	33	33
Сухая степь	60	33
Полупустыня	83	47
2001–2018		
Лесостепь	56	22
Засушливая черноземная степь	61	33
Сухая степь	78	56
Полупустыня	94	72

Необходимо также отметить, что на современном этапе потепления вероятность сильных засух в августе в лесостепных и черноземностепных районах увеличилась в 2 раза. При этом в сентябре рост повторяемости сильных засух (на 23–25%) отмечается лишь в сухостепных и полупустынных районах Левобережья. Вполне очевидно, что данную информацию об увлажненности периода осенней вегетации озимых в комплексе с информацией о более поздних сроках прекращения их вегетации следует исполь-

зовать для корректировки оптимальных сроков сева озимых. Наблюдаемые тенденции указывают на целесообразность смещения сроков сева на более поздние даты, т.е. на сентябрь, когда условия увлажнения по сравнению с августом улучшаются.

Чтобы оценить динамику сильных засух в основной период весенне-летней вегетации зерновых культур по всем природным зонам области, была рассчитана вероятность сильных атмосферных засух с ГТК $\leq 0,5$ в мае – июне.

Из анализа табл. 4 следует, что наиболее часто сильные засухи во всех природных зонах наблюдаются в мае. В июне риски таких засух уменьшаются в среднем на 16–20%.

Сравнительный анализ вероятности сильных засух за два этих периода показывает, что на современном этапе потепления риски сильных засух существенно увеличились (на 15–20%) лишь в крайних юго-восточных районах Левобережья. В сухостепных районах риски сильных засух в мае – июне практически не изменились, а в черноземностепных и лесостепных районах они даже уменьшились на 11–22%.

Таблица 4

Вероятность (%) сильных атмосферных засух (ГТК $\leq 0,5$) в основной период весенне-летней вегетации за 1971–2000 и 2001–2018 гг.

Зона	Май	Июнь	Май – июнь
1971–2000			
Лесостепь	40	20	33
Засушливая черноземная степь	43	27	33
Сухая степь	53	33	37
Полупустыня	63	47	53
2001–2018			
Лесостепь	39	17	11
Засушливая черноземная степь	33	17	22
Сухая степь	56	44	39
Полупустыня	78	72	72

Проведенные исследования указывают на то, что на современном этапе потепления тенденции изменения вероятности сильных засух в основной период весенне-летней вегетации зерновых культур в разных почвенно-климатических зонах области имеют разнонаправленный характер, что требует более детального учета наблюдаемых изменений климата при корректировке технологий возделывания полевых культур.

Заключение

Представленная выше информация свидетельствует о достаточно существенных изменениях агроклиматических ресурсов региона, которые обязательно должны учитываться при разработке мер своевременной адаптации сельского хозяйства к наблюдаемым изменениям климата. В целом динамику изменения термических показателей территории можно отнести к благоприятным последствиям наблюдаемого потепления климата. Увеличение продолжительности вегетационного периода создает условия для внедрения в регионе культур с более длительным вегетационным периодом, а рост теплообеспеченности вегетационного периода позволяет возделывать в северных районах области не только скороспелые, но и раннеспелые и позднеспелые сорта и гибриды поздних культур, отличающихся большей продуктивностью.

Увеличение рисков сильных атмосферных засух в предпосевной период озимых культур и период весенне-летней вегетации зерновых оказывает негативное влияние на производство зерна. С учетом наблюдаемых тенденций изменения режима увлаженности территории, одной из главных мер приспособления сельского хозяйства к изменениям климата является адаптивная селекция озимых и яровых культур, правильный подбор их сортового состава и оптимальное размещение в различных почвенно-климатических зонах региона.

Технологии возделывания зерновых культур обязательно должны включать влагосберегающие способы обработки почвы, а также восстановление и развитие орошения.

Повышению устойчивости зернового производства будет способствовать соответствие темпов адаптации сельского хо-

зяйства темпам изменения климата. Несоблюдение этого условия может привести к уменьшению среднего уровня урожайности зерновых культур и дестабилизации сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Иванов А.Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России // Земледелие. 2009. № 1. С. 3–5.

Ivanov A.L. Global climate change and its impact on Russian agriculture // Zemledelie. 2009. № 1. P. 3–5 (in Russian).

2. Устойчивость земледелия и риски в условиях изменения климата: резюме коллективной монографии / под ред. А.Л. Иванова, И.Б. Ускова. Агрофизический НИИ. СПб., 2009. 95 с.

Sustainability of agriculture and risks in the context of climate change: a summary of the collective monograph / ed. A.L. Ivanova, I.B. Uskova. Agrophysical Research Institute. SPb., 2009. 95 p. (in Russian).

3. Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г., Орлова И.А. Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2013. Т. 13. № 2. С.10–12.

Ivanova G.F., Levitskaya N.G., Orlova I.A. Estimation of the Present State of Agro-climatic Resources of Saratov Region // Bulletin of the Saratov University. New series. Series: Earth Sciences. 2013. T. 13. № 2. P. 10–12 (in Russian).

4. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Иванова Г.Ф. Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна // Аграрный вестник Юго-Востока. 2010. № 3–4. С. 71–74.

Levitskaya N.G., Shatalova O.V., Ivanova G.F. Droughts in the Volga region and their impact on grain production // Agrarian Bulletin of the South-East. 2010. № 3–4. P. 71–74 (in Russian).

5. Пряхина С.И., Гужова Е.И., Смирнова М.М. Климатические риски в сельскохозяйственном производстве и некоторые пути их преодоления // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2011. Т. 11. № 2. С. 35–41.

Pryakhina S.I., Guzhova E.I., Smirnova M.M. Climatic Risk in Agricultural Production and Some Ways Their Overcome // Bulletin of the Saratov University. New series. Series: Earth Sciences. 2011. T. 11. № 2. P. 35–41 (in Russian).

6. Научно-прикладной справочник по климату СССР Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Выпуск 12. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 647 с.

Scientific and Applied Reference on the Climate of the USSR Series 3 Long-Term Data. Parts 1–6. Issue 12. L.: Gidrometeoizdat, 1988. 647 p. (in Russian).