

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Павлова В.Н., E-mail: vnp2003@bk.ru

Для поддержания устойчивого развития сельскохозяйственного производства России и обеспечения продовольственной безопасности в условиях изменяющегося климата важными объектами мониторинга являются агроклиматические показатели, непосредственно характеризующие климатические условия формирования урожайности. В первую очередь – это характеристики температурно-влажностного режима посевов сельскохозяйственных культур (включая весенне-летние засухи и условия перезимовки) на территории земледельческой зоны.

Современные тенденции изменений агроклиматических условий на территории земледельческой зоны России

Региональные оценки коэффициентов линейных трендов агроклиматических показателей, полученные по станционным временным рядам, а затем осредненные по регионам, представлены в табл. 1 и 2. Коэффициент линейного тренда характеризует среднюю линейную скорость изменений показателя в ед./10 лет.

Основная характеристика теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, используемая в агрометеорологии – сумма среднесуточных значений температуры воздуха за вегетационный период со среднесуточной температурой, превышающей 10°C (сумма активных температур). Оценки линейного тренда сумм температуры воздуха выше 10° С по федеральным округам РФ, представленные в табл. 1 и на рис.1, показывают, что в начальный период современного потепления с 1976 по 2000 г. скорость роста этого показателя изменялась в диапазоне от 34 ° С/10 лет в Уральском ФО до 112 ° С/10 лет в Южном ФО. Тенденция к повышению термических ресурсов для возделывания сельскохозяйственных культур усиливается в период с 1976 по 2022 г. Минимальная и максимальная скорости роста сумм активных температур составляют: ~ 50 °С в Сибирском ФО и ~ 150 °С в Южном ФО. Средние по земледельческой зоне России оценки линейной скорости роста этого показателя на уровне 65 и 86 °С /10 лет за 1976 – 2000 гг. за 1976 – 2022 гг., соответственно (табл.1).

Но в то же время, практически на всей территории земледельческой зоны наблюдается замедление скорости роста суммы температуры воздуха за весь тёплый период года (период с температурой выше 5° С) (табл. 1). Исключение составляют южные

регионы ЕТ, Северо-Кавказский и Южный ФО, где термические ресурсы растут высокими темпами со скоростью 140-160 °С /10 лет.

Важной агроклиматической характеристикой является *продолжительность периода с температурой воздуха выше 10°С*, который для многих сельскохозяйственных культур совпадает с периодом вегетации. Линейные тренды продолжительности вегетационного периода с 1976 по 2000 гг. отрицательные в отдельных областях центрального региона (Московская, Нижегородская Кировская и др.), на востоке Европейской части России, на севере Уральского и Сибирского ФО (севернее 60 °с.ш., 60-100 °в.д.). Но положительная скорость роста этого показателя за период с 1976 по 2022 гг. наблюдается уже повсеместно (табл. 1), а средняя оценка для территории России составляет 3,2 сут./10 лет, достигая максимальной величины в Северо-Западном (4.3 сут./10 лет) и минимальной в Сибирском ФО (2.0 сут./10 лет). В Южном, Северо-Кавказском и Дальневосточном ФО скорость роста этого показателя замедлилась с 4-6 до ~ 3 сут./10 лет (табл. 1).

Рост *температуры воздуха* самого теплого месяца года – июля, можно рассматривать как фактор, благоприятствующий продвижению теплолюбивых сельскохозяйственных культур (кукурузы, подсолнечника, сои, сорго и др.) в северные районы. Для начального периода потепления (1976 -2000 гг.) наблюдается повсеместный рост июльских температур, достигающий в среднем 0,5 – 0,7° С за 10 лет (см. табл. 1). В целом же, за период 1976-2022 гг. скорость роста июльской температуры замедлилась и составляет 0.4° С за 10 лет. Следует отметить, что в Уральском и Сибирском ФО отмечаются самые высокие снижение скорости – с 0,6-0,7 2 ° С/10 лет в 1976- 2000 гг. до 0,1-0,2 ° С/10 лет в 1976-2022 гг. Тенденция к росту температуры июля за период с 1976 по 2012 гг. незначительно усилилась только в Дальневосточном ФО – от 0,2 до 0,3 ° С/10 лет).

Условия зимовки сельскохозяйственных культур в значительной степени определяются температурным режимом самого холодного месяца года, января. Положительная скорость роста январских температур (следовательно, улучшение условий зимовки) в течение 1976 – 2000 гг. наблюдалась практически на всей территории земледельческой зоны России. В нечерноземной зоне Европейской части России скорость повышения январской температуры за этот периода была значительной и составляла ~ 1.7° С за 10 лет в Северо-Западном и Центральном ФО. Но следует отметить, что в

последние десятилетия скорость роста январских температур замедлилась, а в ряде районов Сибири и Урала стала отрицательной.

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур определяется увлажненностью почвы, которая складывается в зависимости от соотношения приходной и расходной составляющих водного баланса – осадков и испарения, которое тесно связано с температурой воздуха. В табл. 2 представлен комплекс показателей увлажненности территории: тренды сезонных сумм осадков, индекса сухости Будыко (ИС), влажности почвы на начало возобновления вегетации ($W_{\text{воз.veg.}}$), влажности почвы в июле ($W_{\text{июль}}$) и числа дней вегетационного периода с влажностью пахотного слоя менее 10 мм (N_{w10}). Индекс сухости Будыко (безразмерная величина) это отношение испаряемости к годовой сумме осадков, т.е. изменение ИС характеризует изменения степени засушливости климата в масштабе года. Географическое распределение трендов ИС и ГТК Селянинова, рассчитанного за май-август, за весь период современного потепления с 1976 по 2022 гг. показано на рис. 2.

Анализ трендов показателей увлажненности, представленных в табл. 2 и на рис. 2, позволяет сделать вывод, что за период 1976-2022 гг. по сравнению с начальными десятилетиями скорость роста засушливости не снижается в Сибири и на Дальнем Востоке и усиливается в Приволжском, Южном и Уральском ФО. Так, в Южном и Северо-Кавказском ФО, положительная тенденция увлажнённости (индекс сухости, ИС, равен -0.03 и -0.11, соответственно), сменилась на отрицательную (ИС равен 0.06 и 0.01).

Обращает на себя внимание практически повсеместный рост осадков и зимний и весенний периоды. Роста осенних осадков в районах возделывания озимых зерновых культур (Южный, Центральный и Приволжский ФО) не наблюдается. Следует отметить рост числа дней с влажностью ниже 10 мм в пахотном слое почвы (критической величины, при которой фиксируется опасное явление “засуха почвенная”) за теплый период года, что является свидетельством определённого нарастания аридности климата. За исключением Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, этот показатель имеет положительную тенденцию, и величина тренда составляет 2.0 сут./10 лет в среднем по земледельческой зоне.

Таблица 1. Оценки трендов показателей термического режима на территории земледельческой зоны России

Федеральный округ	Средняя температура, °C/10лет		Сумма температур, °C/ 10лет		Продолжитель- ность периода >10 °C, <i>сут/10 лет</i>
	январь	июль	>10 °C	>5 °C	
	1976 – 2000				
Северо-западный	1,7	0,5	75	103	1,7
Центральный	1,8	0,8	95	136	3,4
Приволжский	1,0	0,7	60	107	1,4
Южный	0,8	0,7	112	66	4,2
Северо-Кавказский	0,6	0,2	98	40	6,0
Уральский	0,4	0,6	34	84	0,2
Сибирский	0,4	0,7	57	87	2,0
Дальневосточный	1,3	0,2	71	75,40	4,1
Россия	1,0	0,6	65	90	2,3
	1976 – 2022				
Северо-западный	0.8	0.5	98	93	4.3
Центральный	0.6	0.6	112	120	3.4
Приволжский	0.4	0.5	88	95	2.6
Южный	0.5	0.6	151	168	3.8
Северо-Кавказский	0.4	0.5	126	143	3.1
Уральский	0.0	0.2	61	59	2.9
Сибирский	0.1	0.1	50	57	2.2
Дальневосточный	0.6	0.3	62	58	3.2
Россия	0.4	0.4	82	86	3.2

Таблица 2. Оценки трендов показателей влажностного режима на территории сельскохозяйственной зоны России

Федеральный округ	Сумма осадков, мм				ИС	W _{воз. вег.}	W _{июль}	N _{w10}
	зима	весна	лето	осень	б/р	мм	мм	сут.
	1976-2000							
Северо-западный	8,0	3,9	-3,7	-10,1	0,02	-0,7	-3,2	2,6
Центральный	-9,6	-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	10,2	3,0	-1,7	25,7	-0,11	-0,2	0,8	-0,1
Уральский	5,5	7,0	-0,6	3,1	0,00	0,1	-1,4	1,2
Сибирский	4,2	1,2	3,1	1,8	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	2,2	3,6	-1,1	0,2	0,01	-0,3	-2,0	2,6
	1976-2012							
Северо-западный	6.0	3.1	0.3	0.9	0.02	-0,6	-2,6	0,9
Центральный	2.9	5.1	-10.7	-2.4	0.04	-1,0	-2,8	4,5
Приволжский	3.0	6.0	-10.1	-2.6	0.05	-0,9	-1,6	4,7
Южный	-0.2	3.8	-5.3	0.0	0.06	-0,2	-0,6	-0,5
Северо-Кавказский	5.0	3.8	-3.8	4.1	0.01	-0,3	0,1	-1,4
Уральский	0.2	5.6	-1.7	-2.3	0.02	-0,1	-1,4	1,8
Сибирский	2.0	4.0	3.3	2.0	0.00	0,0	-0,5	1,0
Дальневосточный	5.3	6.2	7.5	-1.3	0.01	-0,4	-1,2	1,0
Россия	3.1	5.1	-1.2	-0.3	0.02	-0,4	-1,4	2,0
Обозначения: ИС – отношение испаряемости к осадкам за год, $W_{\text{воз.veg.}}$ – запасы влаги пахотного слоя на дату возобновления вегетации; $W_{\text{июль}}$ – запасы влаги пахотного слоя почвы в июле, N_{w10} – число дней вегетационного периода, когда влажность пахотного слоя почвы не превышает 10 мм								

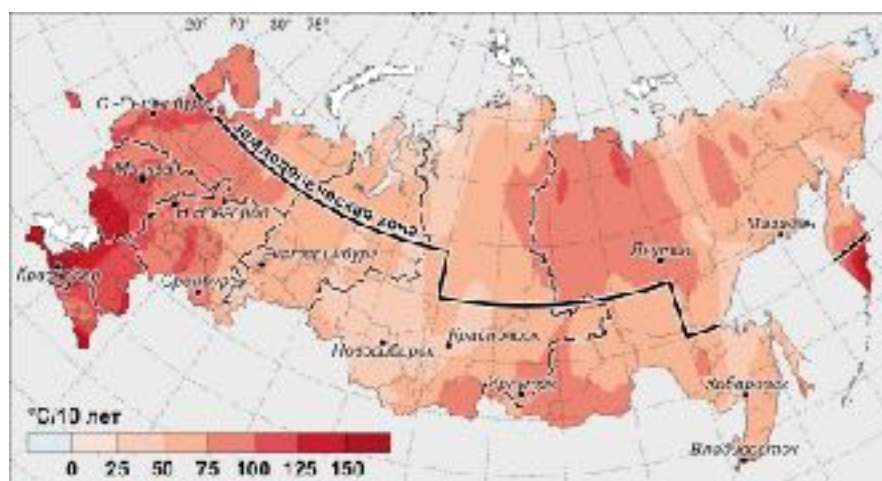


Рисунок 1 – Скорость изменения (линейный тренд) суммы температур выше 10 °C (°C/10 лет) за период 1976–2022 гг.

а)

б)

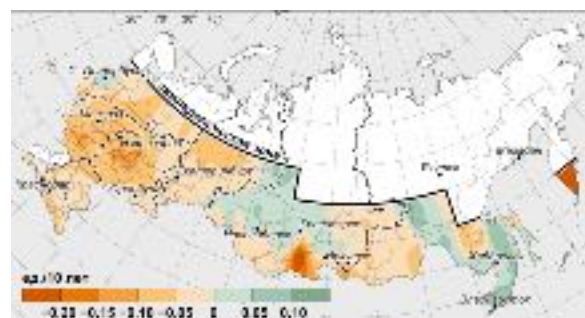


Рисунок 2 – Скорость изменения (линейный тренд) показателей влагообеспеченности за период 1976–2022 гг.: а) индекс сухости Будыко (ед./10 лет) и б) гидротермический коэффициент Селянинова, ед./10 лет

Общие тенденции изменений основных факторов тепло- и влагообеспеченности за период современного глобального потепления 1976-2022 гг. на территории сельскохозяйственных регионов представлены в табл. 3, где указано направление современных изменений агрометеорологических параметров (▲ - растёт, ▼ – убывает, ▲▼ - близкий к современному), а знаками ± – качественная оценка эффекта этих изменений для возделывания яровой пшеницы .

Таблица 3. Оценка степени благоприятности современных изменений климата для посевов яровой пшеницы

Регион	Вклад в валовый сбор яровой пшеницы*, %	Посевная площадь*, %	Увлажнённость		Теплообеспеченность	
Сибирский	46,6	47,2	▲▼	±	▲	+
Поволжский	28,9	30,1	▼	-	▲	-
Уральский	16,4	16,3	▼	-	▲	+
Центральный	5,6	3,6	▼	-	▲	±
Южный	1,0	1,3	▼	-	▲	-
Дальневосточный	1,0	1,0	▲▼	+	▲	+
Северо-Западный.	0,5	0,4	▼	±	▲	+
Северо-Кавказский	0,1	0,0	▼	-	▲	-
Россия	100	100	▼	-	▲	+

Примечание: * – по данным за 1999-2018 гг.