

DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-58-68

УДК 633.11:551.5

Гулянов Ю. А.

## ИЗМЕНЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ РАН)

**Реферат.** Проведение мониторинга климатических условий необходимо для определения степени их изменения и разработки приемов оптимизации взаимодействия природных и социально-экономических систем, направленных на поддержание продовольственной безопасности без ущерба окружающей среде. Цель исследований – анализ многолетних климатических тенденций и оценка обусловленного ими воздействия на продуктивность озимой пшеницы. Исследования проводили в модельных регионах степной зоны Европейской России – Оренбургской и Волгоградской областях с 1990 по 2020 г. Статистическую обработку осуществляли методом корреляционно-регрессионного анализа. Вариабельность исследуемых метеорологических параметров и урожайности озимой пшеницы по годам оценивали с использованием коэффициента вариации. Выявлена положительная динамика среднесуточной температуры воздуха, составившая: 1,6–2,3 °С в среднем за год, 2,5–3,5 °С – за период осенней вегетации (август-сентябрь), 1,1–2,4 °С – в весенне-летнюю вегетацию (апрель-июнь). При устойчивом снижении количества осадков теплого периода года в Оренбургской области (на 32 мм) и их нулевом балансе в Волгоградской области, на фоне возросшей на 395–580 °С суммы активных температур, произошло снижение ГТК на 0,20–0,15 единиц. В отдельные периоды вегетации его значения приблизились к оценке зоны возделывания как «сухой». Продуктивность озимой пшеницы характеризуется зональными особенностями. Урожайность зерна выше средней (2,32 т/га) в Волгоградской области была получена в 52,3 % лет, а в Оренбургской (1,61 т/га) – в 47,6 %. Урожайность, составившую 75 % от максимальной в Волгоградской области, отмечали в 33,2% лет и в 14,3 % лет – в Оренбургской области при общероссийском показателе 38,1 %. Реализация биологической продуктивности озимой пшеницы в большей степени связана с количеством атмосферных осадков, детерминирующих 40,6 % (Волгоградская область) и 44,2 % (Оренбургская область) ее вариации. В Оренбургской области приоритет имеют годовые осадки в целом и осадки холодного периода, в Волгоградской области – годовые осадки и осадки весенне-летнего периода.

**Ключевые слова:** климатические изменения, степная зона, *Triticum aestivum* L., озимая пшеница, реализация биологической продуктивности, технологии возделывания.

**Для цитирования:** Гулянов Ю. А. Изменение региональных климатических условий и продуктивность озимой пшеницы в степной зоне Европейской России // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 58–68. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-58-68.

**For citation:** Gulyanov Yu. A. Changes in regional climatic conditions and productivity of winter wheat in the steppe zone of European Russia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 58–68. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-58-68.

### Введение

Озимая пшеница относится к числу важнейших зерновых культур мирового земледелия. Ее урожаи занимают высокий удельный вес в структуре зернового производства и существенным образом влияют на продовольственную безопасность населения [1, 2].

Возделывание озимой пшеницы, обладающей специфическими биологическими особенностями, позволяет стабилизировать валовые сборы зерна в годы с низкой урожайностью яровых культур, чаще всего связанной с недостаточным атмосферным увлажнением. Способность озимой пшеницы более эффективно использовать осадки зимнего периода за счет сформировавшейся с осени корневой системы и более раннего весеннего «старта», обеспечивает прохождение этапов органогенеза, ответственных за закладку структурных элементов урожая, в более благоприятных метеорологических условиях [3–5]. Быстрое весеннее развитие озимой пшеницы обеспечивает ей большие конкурентные возможности в отношении сорных растений, дополнительно иссушающих почву и обедняющих ее питательными веществами [6, 7]. В дополнение к этому завершение налива зерна до наступления критически высоких температур позволяет получать относительно качественное зерно и в годы с критическим дефицитом летних осадков [8–10].

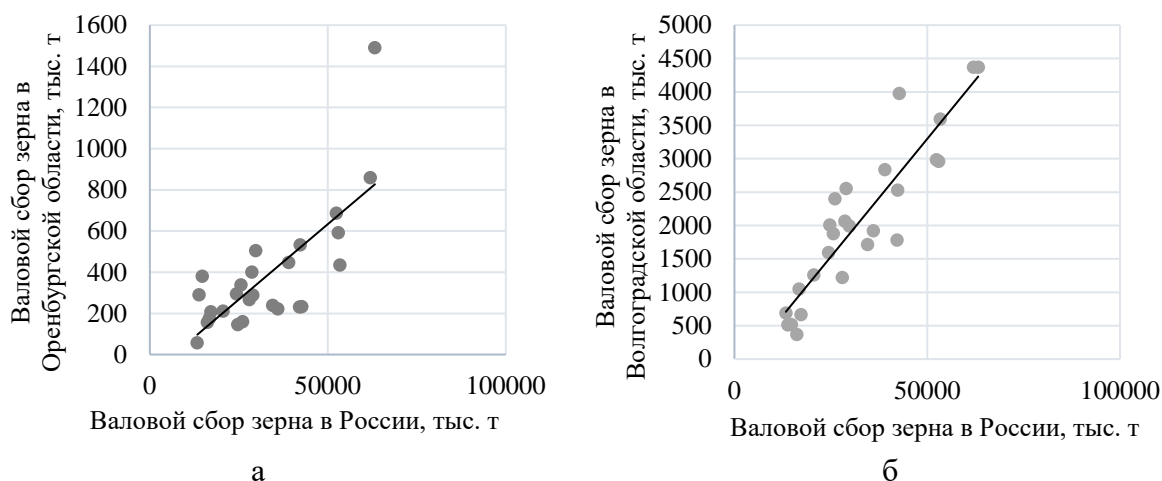
В РФ озимая пшеница является традиционной зерновой культурой, ежегодно занимающей значительные посевные площади [11–13]. Урожай ее зерна за истекший 25-ти летний период (1995–2020 гг.) в среднем за год составил 32,6 млн т или 36,9 % от валового сбора зерновых и зернобобовых культур (88,5 млн т) [14]. Основные площади возделывания озимой пшеницы сосредоточены в европейской части России, характеризующейся более мягкими условиями перезимовки. В хлебосеющих регионах Урала и Западной Сибири, при маломощном и неустойчивом снежном покрове, а также критически низких зимних температурах, больше возделывают яровую пшеницу [15].

Наибольшей урожайностью зерна озимой пшеницы характеризуются регионы Центрального Черноземья, отличающиеся высоким плодородием почвы и лучшей влагообеспеченностью. В то же время сборы ее зерна в степной зоне, при значительно меньшей урожайности, особенно в засушливых южных регионах, также существенно влияют на общий валовой сбор.

Из степных регионов европейской России, возделывающих преимущественно озимую пшеницу, высокой засушливостью климата отличается Волгоградская область. Не менее напряженным режимом увлажнения, при высоких ресурсах тепла, характеризуется и Оренбургская область, где озимая пшеница также возделывается на больших площадях, преимущественно в Предуралье.

Валовой сбор зерна озимой пшеницы Волгоградской области (2,07 млн т) за анализируемый период (1995–2020 гг.) в среднем за год составил 6,1 % от общего урожая. В Оренбургской области за этот же период собирали в среднем 0,38 млн т в год или 1,1 %. Примечательно, что при внешне незначительном участии указанных регионов в наполнении российских закромов, валовые сборы озимой пшеницы по стране сильно зависели от их урожаев (рисунок 1).

Корреляционно-регрессионный анализ статистических данных (1990–2020 гг.) подтвердил сильную связь приведенных величин с высоким коэффициентом корреляции от 0,75 (Оренбургская область) до 0,91 (Волгоградская область). В итоге изменение валовых сборов зерна озимой пшеницы Оренбургской и Волгоградской области в указанный период детерминировало около 86,0 % вариации общего урожая.



**Рисунок 1 – Зависимость валовых сборов зерна озимой пшеницы в России от ее урожаев (1990–2020 гг.)**

*Примечание.* а – Волгоградская область; б – Оренбургская область.

Повышенная засушливость указанных территорий с достаточно выработанным почвенным покровом зачастую становится причиной снижения урожаев, нестабильности как регионального зернового производства, так и производства в стране в целом. Наибольшей изменчивостью валовых сборов в анализируемый период, с коэффициентом вариации 77,0 %, характеризовалась Оренбургская область. Размах вариации составил 1,43 млн т – от 0,06 млн т в 1998 г., до 1,49 млн т – в 2020 г. В Волгоградской области наивысший сбор озимой пшеницы на уровне 4,37 млн т отмечен в 2017 г. и 2020 г., а наименьший (0,52 млн т) – в 1995 г. При достаточно высоком коэффициенте вариации (56,1 %) валовых сборов зерна озимой пшеницы Волгоградская область характеризовалась большей стабильностью производства близкой к общероссийскому показателю (45,9 %).

Нестабильность зернового производства и связанные с ней риски недополучения урожая в анализируемых регионах выступают в качестве основного мотива к сохранению и расширению посевных площадей, в том числе на малопригодных для обработки почвах – сильно смытых, засоленных, деградировавших в результате длительной почвозатратной эксплуатации.

Указанное обстоятельство в условиях современных климатических и антропогенных вызовов дополнительно обостряет проблемы степного природопользования [16]. Пролонгация на неопределенный срок несоответствующей экологическим нормам структуры степных угодий сдерживает выведение из пашни низкопродуктивных неустойчивых земель. Усиливаются риски сокращения биологического разнообразия и поддержания численности уникальных титульных объектов степей, многие из которых охраняются государством [17].

Поэтому изучение климатических тенденций в регионах степной зоны России, являющихся одновременно территориями стратегического хлебосяния и уникального природного наследия, выявление направленности их влияния на биологическую продуктивность полевых культур с целью поддержания стабильности зернового производства, является актуальным научным направлением. Разработанные на основе полученных результатов приемы оптимизации взаимодействия природных и социально-экономических систем могут иметь высокий практический интерес для поддержания продовольственной безопасности без ущерба окружающей среде.

**Цель исследований** – анализ многолетних тенденций в изменении региональных климатических условий и оценке обусловленного ими воздействия на продуктивность озимой пшеницы и реализацию ее биологического потенциала.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести анализ среднесуточных температур воздуха, атмосферных осадков и сумм активных температур по отдельным периодам вегетации озимой пшеницы в степной зоне Волгоградской и Оренбургской области (с 1990 по 2020 гг.);
2. Определить вариабельность метеорологических условий и их изменение за анализируемый период;
3. Определить направленность климатических тенденций (по динамике ГТК Селянинова) и их влияние на реализацию биологической продуктивности озимой пшеницы.

### Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлся процесс изменения метеорологических условий и урожайности озимой пшеницы в Волгоградской и Оренбургской областях за 1990–2020 гг. Предметом исследований выступали сведения о среднесуточных температурах воздуха, атмосферных осадках и урожайности озимой пшеницы за указанный период. Метеорологические условия анализируемого периода оценивали на основе специализированных массивов для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ–МЦД) [18]. В качестве источника данных об урожайности озимой пшеницы использовали официальную статистическую информацию Федеральной службы государственной статистики, представленную в Единой информационно-статистической системе РФ (ЕМИСС) [14]. Статистическую обработку цифрового материала осуществляли на основе корреляционно-регрессионного анализа. Вариабельность исследуемых метеорологических параметров и урожайности озимой пшеницы по годам оценивали с использованием коэффициента вариации [19].

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенного анализа метеорологических условий тридцатилетнего периода (1990–2020 гг.) выявлена значительная динамика средних за год температур воздуха, а также среднесуточных температур по отдельным периодам вегетации (таблица 1).

**Таблица 1 – Среднесуточные температуры воздуха и их изменение по отдельным периодам вегетации в степной зоне Волгоградской и Оренбургской областей (1990–2020 гг.)**

Регион	Показатель	Среднесуточная температура воздуха, °С			
		за год	за май–август	за август–сентябрь	за апрель–июнь
Оренбургская область	средние, °С	5,7	19,9	17,3	14,8
	коэффициент вариации, %	17,7	7,6	9,4	13,2
	изменение, °С	+1,6	+2,4	+2,5	+1,1
Волгоградская область	средние, °С	8,7	20,9	19,1	16,0
	коэффициент вариации, %	12,0	7,4	8,6	9,3
	изменение, °С	+ 2,3	+ 3,2	+ 3,5	+ 2,4

Большей нестабильностью указанных показателей по годам характеризовалась Оренбургская область. При среднем значении годовой температуры воздуха 5,7 °С она варьировала от 3,3 °С (1993 г.) до 7,0 °С (2020 г.) с коэффициентом вариации 17,7 %.

Наибольшая вариабельность среднесуточной температуры воздуха по отдельным периодам развития озимой пшеницы отмечена в весенне-летнюю вегетацию. При среднем значении 14,8 °С она изменялась от 11,3 °С (2004 г.) до 19,2 °С (2012 г.), а коэффициент вариации составил 13,2 %. В Волгоградской области среднесуточные температуры воздуха по указанным периодам были выше на 3,0 °С (за год), 1,0 °С (за май–август), 1,8 °С (за август–сентябрь) и 1,2 °С (за апрель–июнь). При этом их вариабельность по годам оказалась ниже по всем периодам, но особенно в весенне-летнюю вегетацию (апрель–июнь), когда разница с Оренбургской областью составила 3,9 п.п. (процентных пункта).

Следует особо отметить положительную динамику в изменении среднесуточной температуры воздуха в двух регионах, причем в Волгоградской области ее рост в абсолютном выражении оказался выше и за тридцатилетний период (1990–2020 гг.) составил 2,3 °С. Заметно потеплело в теплый период года (особенно в августе–сентябре), что в условиях дефицита атмосферного увлажнения усиливает риски снижения полноты всходов и полноценной подготовки посевов к периоду зимовки.

При присущей этим регионам засушливости климата Волгоградская область в анализируемый период характеризовалась лучшей обеспеченностью атмосферными осадками. В Оренбургской области в целом за год их отмечалось меньше на 64 мм. Наиболее существенная разница между сравниваемыми регионами наблюдалась в теплый период года (53 мм), а из периодов вегетации озимой пшеницы в осенний период (август–сентябрь) – 20 мм (таблица 2).

**Таблица 2 – Атмосферные осадки и их изменение по отдельным периодам вегетации в степной зоне Волгоградской и Оренбургской областей (1990–2020 гг.)**

Регион	Показатель	Атмосферные осадки, мм					
		за год	за теплый период*	за холодный период*	за май–август	за август–сентябрь	за апрель–июнь
Оренбургская область	средние, мм	359	198	161	132	50	93
	коэффициент вариации, %	25,1	36,7	25,8	45,4	61,7	42,4
	изменение, мм	–58	–32	–26	–33	0	–28
Волгоградская область	средние, мм	423	251	172	157	70	109
	коэффициент вариации, %	25,3	34,4	30,6	40,6	65,1	39,3
	изменение, мм	+50	0	+50	–18	–33	+2

**Примечание.** \* теплый период – период со среднесуточной температурой выше 10 °С; холодный – ниже 10 °С.

В сравнении с температурой воздуха атмосферные осадки характеризовались большей нестабильностью, как в целом за год, так и по отдельным периодам вегетации озимой пшеницы. Их наибольшую вариабельность (36,7 %) в теплый период года отмечали в Оренбургской области, а в холодный период – в Волгоградской (30,6 %). В обоих регионах самое нестабильное выпадение атмосферных осадков наблюдали в осенний период вегетации озимой пшеницы (август–сентябрь), когда их количество при средних значениях 50 мм (Оренбургская область) – 70 мм (Волгоградская область) варьировало от 12 мм (2014 г.) до 142 мм (2013 г.) и от 11 мм (2015 г.) до 186 мм (1993 г.) соответственно. Большой размах вариабельности осадков отмечали и в другие, связанные с вегетацией озимой пшеницы (летние) периоды, причем в Оренбургской области он всегда оказывался шире – на 4,8 п.п. за май–август и на 3,1 п.п. за апрель–июнь.

Следует подчеркнуть устойчивую тенденцию сокращения количества атмосферных осадков в Оренбургской области. Их снижение за тридцатилетний период оказалось равным 58 мм, из которых 32 мм (55,2 %) составляли осадки теплого периода года и 26 мм (44,8 %) – холодного. В Волгоградской области, напротив, при нулевом балансе осадков теплого периода года, их стало больше выпадать в холодный период на 50 мм. В то же время, при большем количестве атмосферных осадков за август-сентябрь (на 20 мм или 40,0 %) в Волгоградской области их количество снизилось на 33 мм, а в Оренбургской области осталось прежним (50 мм).

Волгоградская область в анализируемый период характеризовалась большими ресурсами тепла, чем Оренбургская, где сумма активных температур оказалась ниже на 385 °С (за год), 137 °С (за май–август), 95 °С (за август–сентябрь), 94 °С (за апрель–июнь). В то же время тесно связанные со среднесуточными температурами воздуха суммы активных температур значительно прибавились в двух исследуемых регионах (таблица 3).

**Таблица 3 – Суммы активных температур и их изменение по отдельным периодам вегетации в степной зоне Волгоградской и Оренбургской областей (1990–2020 гг.)**

Регион	Показатель	Сумма активных температур, °С			
		за год	за май–август	за август–сентябрь	за апрель–июнь
Оренбургская область	средние, °С	3174	2440	1071	1284
	коэффициент вариации, %	8,3	7,6	8,6	13,5
	изменение, °С	+395	+315	+160	+145
Волгоградская область	средние, °С	3559	2577	1166	1378
	коэффициент вариации, %	7,7	7,4	8,6	10,2
	изменение, °С	+580	+390	+220	+240

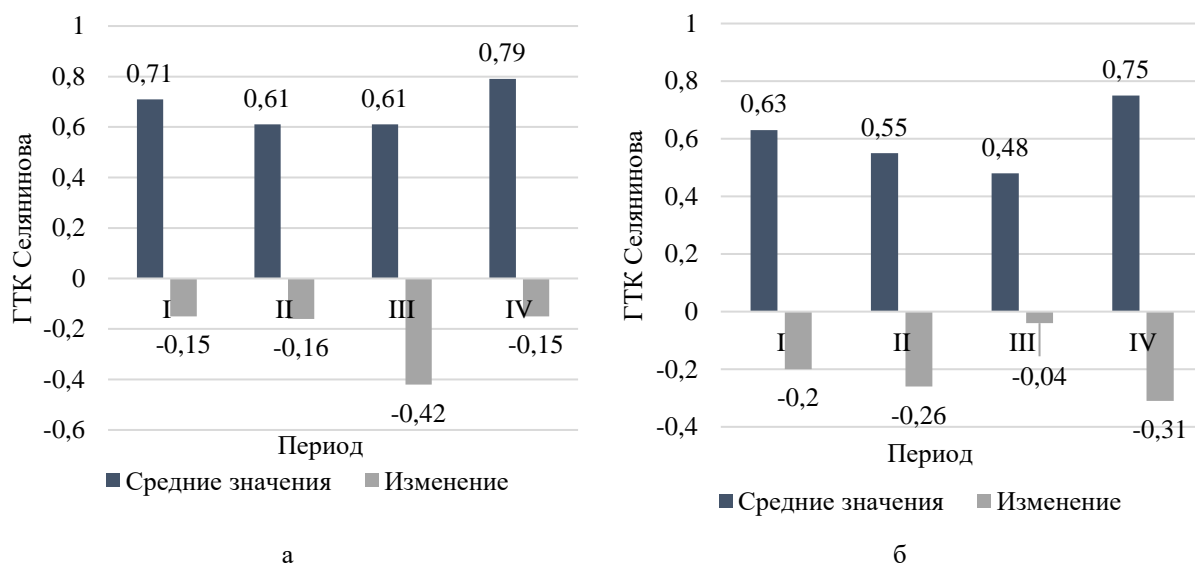
Так, в Оренбургской области годовые ресурсы активных температур за анализируемый тридцатилетний период выросли на 14,2 %, а по периодам, связанным с вегетацией озимой пшеницы – на 14,2 % (май–август), 17,5 % (август–сентябрь) и 12,7 % (апрель–июнь). В Волгоградской области их прибавка оказалась еще выше – на 5,2–3,6–5,8–8,4 п.п. соответственно.

Вполне логичным следствием нестабильности радиационных ресурсов и атмосферных осадков в степной зоне Волгоградской и Оренбургской области анализируемого периода (1990–2020 гг.) стало значительное варьирование гидротермического коэффициента Селянинова (рисунок 2).

Размах его вариации наибольших значений достигал в период осенней вегетации озимой пшеницы (август–сентябрь) – от 2,00 (1993г.) до 0,20 единиц (2020 г.) в Волгоградской области и от 1,11 (1990 г.) до 0,10 (2014 г.) – в Оренбургской.

Средние за год значения ГТК в Волгоградской области оказались выше на 0,08 единиц, а по отдельным периодам вегетации озимой пшеницы – на 0,06 (за май–август) – 0,13 (за август–сентябрь) – 0,04 (за апрель–июнь) единиц, чем в Оренбургской.

Следовательно, повышение сумм активных температур при заметном снижении количества атмосферных осадков сопровождалось снижением ГТК, составившем за тридцатилетний период (1990–2020 гг.) 0,15 единиц в Волгоградской и 0,20 единиц в Оренбургской области. Наиболее заметное снижение ГТК в Волгоградской области (–0,42) отмечено в период осенней вегетации озимой пшеницы (август–сентябрь), а в Оренбургской области в весенне–летний период – на 0,31 за апрель–июнь и на 0,26 за май–август.



**Рисунок 2 – Средние значения ГТК Селянинова и их изменения по отдельным периодам вегетации (1990–2020 гг.)**

**Примечания:** I – за период со среднесуточной температурой выше 10 °С; II – за май–август; III – за август–сентябрь; IV – за апрель–июнь; а – в степной зоне Волгоградской области; б – в степной зоне Оренбургской области.

Анализ урожайности озимой пшеницы в обозначенный период в Оренбургской и Волгоградской области, также, как и в России в целом, выявил ее значительную вариабельность по годам, составившую 31,9–21,3–17,3 % соответственно. При средней урожайности по стране 3,05 т/га размах ее вариации оказался равен 2,05 т/га – от 2,12 (2003 г.) до 4,17 (2007 г.) т/га. В Волгоградской области разница между минимальными и максимальными значениями урожайности при средней величине 2,32 т/га составила 1,95 т/га, а в Оренбургской области, при 1,61 т/га – 1,98 т/га. Урожайность озимой пшеницы по стране оказалась сильно связанной с урожайностью в Волгоградской области ( $r = 0,81$ ) и в средней степени, связанной с урожайностью в Оренбургской области ( $r = 0,58$ ).

Следует отметить, что реализация биологической продуктивности озимой пшеницы в анализируемый период характеризовалась зональными особенностями. Если в целом по стране урожайность зерна выше средней (3,05 т/га) была получена только в 38,7 % лет, то в Волгоградской области (2,32 т/га) это отмечено в 52,3 % лет, а в Оренбургской (1,61 т/га) – в 47,6 %. Напротив, урожайность, составившую 75 % от максимальной в Волгоградской области, отмечали только в 33,2 % лет и в Оренбургской области в 14,3 % лет при общероссийском показателе 38,1 %.

Корреляционно-регрессионный анализ урожайных данных выявил связь полноты реализации биологической продуктивности озимой пшеницы с метеорологическими условиями периода вегетации, из которых в наибольшей степени она связана с количеством атмосферных осадков, детерминирующих 40,6 % (Волгоградская область) – 44,2 % (Оренбургская область) ее вариации. Приоритетность атмосферных осадков в реализации биологической продуктивности озимой пшеницы в Волгоградской области имеет следующую последовательность (в порядке снижения степени влияния): сумма осадков за период с августа по июнь – с апреля по июнь – с августа по сентябрь – с октября по март. В Оренбургской области последовательность несколько иная, обозначающая приоритет осадков холодного

периода года: сумма осадков за период с августа по июнь – с октября по март – с апреля по июнь и с августа по сентябрь.

Таким образом, в процессе анализа обширной базы данных по метеорологическим условиям тридцатилетнего периода наблюдений (1990–2020 гг.) в степной зоне Волгоградской и Оренбургской областей выявлена их значительная вариабельность по годам и устойчивая тенденция к повышению засушливости климата, связанная как со снижением количества атмосферных осадков теплого периода года, так и с повышением радиационных ресурсов. Отмечающаяся на этом фоне низкая реализация биологической продуктивности озимой пшеницы с целью поддержания продовольственной безопасности населения предполагает адаптацию технологий ее возделывания к изменяющемуся климату в направлении повышения урожайности на пригодных для обработки почвах. Выведение из оборота низкопродуктивных земель при подобном подходе будет также способствовать восстановлению высокой титальности степей и их биологического разнообразия.

### Выводы

В степной зоне Оренбургской и Волгоградской области РФ, принимающих весомое участие в производстве зерна озимой пшеницы, за истекший тридцатилетний период (1990–2020 гг.) отмечена положительная динамика среднесуточной температуры воздуха, составившая 1,6–2,3 °С в среднем за год, 2,5–3,5 °С – за период осенней вегетации и 1,1–2,4 °С – в весенне-летнюю вегетацию. При нулевом балансе количества атмосферных осадков теплого периода года в Волгоградской области и некотором их повышении (на 50 мм) в холодный период, в Оренбургской области наблюдали их устойчивое снижение – на 32 и 26 мм соответственно. На фоне возросшей на 395 °С (Оренбургская область) – 580 °С (Волгоградская область) суммы активных температур, ГТК Селянинова снизился на 0,20–0,15 единиц, в отдельные периоды вегетации озимой пшеницы перешагнувший критическую черту, вплотную приблизившись к оценке зоны возделывания как «сухой», обычно соответствующей полупустыне.

Реализация биологической продуктивности озимой пшеницы в наибольшей степени связана с количеством атмосферных осадков, детерминирующих 40,6 % (Волгоградская область) – 44,2 % (Оренбургская область) ее вариации. В Оренбургской области приоритет имеют годовые осадки в целом и осадки холодного периода, в Волгоградской области – годовые осадки и осадки весенне-летнего периода.

В соответствии с выявленными тенденциями повышения засушливости климата и зональными особенностями в реализации биологического потенциала озимой пшеницы при разработке адаптивных технологий ее возделывания следует уделять особое внимание внедрению местных засухоустойчивых и жаростойких сортов, эффективно использующих скудные ресурсы влаги на формирование урожая. Всеячески (на региональном и государственном уровне) способствовать активизации их селекции и семеноводства, поддерживать финансирование и техническое оснащение опытных полей НИИ и ВУЗов соответствующего профиля, популяризовать подготовку кадров агрономического профиля, как проводников научных знаний в современное земледелие. Не менее важно осуществление всего комплекса мероприятий, способствующих сохранению осадков холодного периода – снегозадержание, посев кулис из высокостебельных растений, развитие полезащитного лесоразведения. Целесообразно также проведение весенне-летних мероприятий, позволяющих рационально использовать осадки как теплого, так и холодного периода – уборка очесывающими жатками, полосная обработка почвы (strip-till), мульчирующий посев в необработанную почву (no-till), эффективная борьба с сорняками.



Подобный подход, направленный на повышение реализации биологического потенциала адаптивных сортов озимой пшеницы и основанный на инновационных методах умного земледелия [20], может способствовать выводу из обработки неустойчивых пахотных угодий, переводу их в сенокосные или пастбищные угодья, повышению титульности степей и поддержанию их биологического разнообразия.

*Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем», № ГР АААА-А21-121011190016-1.*

### Литература

1. Keating B. A., Herrero M., Carberry P. S., Gardner J., Cole M. B. Food wedges: framing the global food demand and supply challenge towards 2050 // *Global Food Security*. 2014. Vol. 3. No. 3–4. P. 125–132. DOI: 10.1016/j.gfs.2014.08.004.
2. Grundy M. J., Bryan B. A., Nolan M., Battaglia M., Hatfield-Dodds S., Connor J. D., Keating B. A. Scenarios for Australian agricultural production and land use to 2050 // *Agricultural Systems*. 2016. No. 142. P. 7–83. DOI: 10.1016/j.agsy.2015.11.008.
3. Гулянов Ю. А. Влияние регуляторов роста растений на реализацию ресурсного потенциала агроценозов озимой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2007. № 3(66). С.150–154.
4. Чухнина Н. В., Зудилин С. Н. Структура урожая и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от органических удобрений в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. Т. 6. № 3. С. 9–15.
5. Collins B., Chenu K. Improving productivity of Australian wheat by adapting sowing date and genotype phenology to future climate // *Climate Risk Management*. 2021. No. 32. P. 100300. DOI: 10.1016/j.crm.2021.100300.
6. Передериева В. М., Власова О. И., Вольтерс И. А. Влияние озимой пшеницы на сорные растения в агрофитоценозе по различным предшественникам // *Электронный научный журнал*. 2019. № 9(29). С. 31–34.
7. San Martin K., Long D. S., Gourlie J. A., Barroso J. Spring crops in three-year rotations reduce weed pressure in winter wheat // *Field Crops Research*. 2019. No. 233. P. 12–20. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.12.017.
8. Гулянов Ю. А., Чибилев А. А., Чибилев А. А (мл). Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // *Юг России: экология, развитие*. 2020. Т. 15. № 1. С. 79–88. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-79-88.
9. Салтыкова О. Л., Зудилин С. Н. Возделывание озимой пшеницы для получения зерна высокой белковости в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 1. С. 3–9.
10. Li Q., Chang X., Meng X., Li D., Zhao M., Sun S., Li H., Qiao W. Heat Stability of winter wheat depends on cultivars, timing and protective methods // *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. No. 19(8). P. 1984–1997. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62760-7.
11. Радченко Л. А., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л., Алексеенко А. В. Изучение сортов озимой пшеницы для сортосмены в Республике Крым // *Таврический вестник аграрной науки*. 2020. № 2(22). С. 125–133. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-125-133.
12. Горянин О. И., Мадякин Е. В., Джангабаев Б. Ж., Яковлева Н. А. Совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы в засушливых условиях Поволжья // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 1 (73). С. 52–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-52-56.
13. Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Марченко Д. М. Посевная площадь и урожайность озимой пшеницы // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 6 (148). С. 61–69.
14. ЕМИСС. Государственная статистика. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения 22.07.2021).
15. Егушова Е. А., Кондратенко Е. П. Сортовая структура озимой пшеницы в Кемеровской области и ее роль в повышении урожайности // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 6 (92). С. 20–23.
16. Абаимов В. Ф., Соболин Г. В., Сатункин И. В., Гулянов Ю. А., Коровин Ю. И. Экологические проблемы России и Оренбургской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2005. № 4(8). С. 7–10.
17. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Levykin S. V., Silantjeva M. M., Kazachkov G. V., Sokolova L. V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian steppe // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9(3). P. 393–398.

18. Осадки и температура. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/aisori/select.xhtml> (дата обращения 10.07.2021).

19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

20. Гулянов Ю. А. Мониторинг фитометрических параметров с использованием инновационных методов сканирования посевов // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3(19). С. 64–76. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76.

## References

1. Keating B. A., Herrero M., Carberry P. S., Gardner J., Cole M. B. Food wedges: framing the global food demand and supply challenge towards 2050 // *Global Food Security*. 2014. Vol. 3. No. 3–4. P. 125–132. DOI: 10.1016/j.gfs.2014.08.004.

2. Grundy M. J., Bryan B. A., Nolan M., Battaglia M., Hatfield-Dodds S., Connor J. D., Keating B. A. Scenarios for Australian agricultural production and land use to 2050 // *Agricultural Systems*. 2016. No. 142. P. 7–83. DOI: 10.1016/j.agsy.2015.11.008.

3. Gulyanov Yu. A. The Influence of plant growth regulators on realization of resource potential of winter wheat agrocoenosis at conditions of Orenburg Predural // *Vestnik of the Orenburg State University*. 2007. No. 3(66). P. 150–154.

4. Chukhnina N. V., Zudilin S. N. Yield structure and grain grading of winter wheat depending on organic fertilizers in the middle Volga Forest-Steppe Region // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2021. Vol. 6. No. 3. P. 9–15.

5. Collins B., Chenu K. Improving productivity of Australian wheat by adapting sowing date and genotype phenology to future climate // *Climate Risk Management*. 2021. No. 32. P. 100300. DOI: 10.1016/j.crm.2021.100300.

6. Perederieva V. M., Vlasova O. I., Volters I. A. Influence of winter wheat on weeds in agrophytocenosis by various precursors // *Electronic scientific journal*. 2019. No. 9(29). P. 31–34.

7. San Martin K., Long D. S., Gourlie J. A., Barroso J. Spring crops in three-year rotations reduce weed pressure in winter wheat // *Field Crops Research*. 2019. No. 233. P. 12–20. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.12.017.

8. Gulyanov Yu. A., Chibilyov A.A., Chibilyov A.A. (jr.). Reserves for increasing yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the conditions of the steppe zone of the Orenburg Urals // *South of Russia: ecology, development*. 2020. Vol. 15. No. 1. P. 79–88. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-79-88.

9. Saltykova O. L., Zudilin S. N. Winter wheat cultivation with high protein production in the Middle Volga Region // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2020. No. 1. P. 3–9.

10. Li Q., Chang X., Meng X., Li D., Zhao M., Sun S., Li H., Qiao W. Heat stability of winter wheat depends on cultivars, timing and protective methods // *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. No. 19(8). P. 1984–1997. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62760-7.

11. Radchenko L. A., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L., Alekseenko A. V. Study of the winter wheat varieties for variety changing in the Republic of Crimea // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2020. No. 2(22). P. 125–133. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-125-133.

12. Goryanin O. I., Madyakin E. V., Dzhangabaev B.Z. H. Yakovleva N. A. The improvement of winter wheat cultivation technology in arid conditions of the Povolzhie // *Grain Economy of Russia*. 2021. No. 1 (73). P. 52–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-52-56.

13. Filenko G. A., Firsova T. I., Marchenko D. M. Winter wheat cultivated area and productivity // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. No. 6 (148). P. 61–69.

14. EMISS. State statistics. Crop yield (per harvested area). [Electronic resource]. Access point: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (reference's date 22.07.2021).

15. Egushova E. A., Kondratenko E. P. Varietal structure of winter wheat in the Kemerovo region and its role in increasing productivity // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2012. No. 6 (92). P. 20–23.

16. Abaimov V. F., Sobolin G. V., Satunkin I. V., Gulyanov Yu. A., Korovin Yu. I. Ecological problems of Russia and the Orenburg region // *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2005. No. 4(8). P. 7–10.

17. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Levykin S. V., Silantieva M. M., Kazachkov G. V., Sokolova L.V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian steppe // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9(3). P. 393–398.

18. Precipitation and temperature. [Electronic resource]. Access point: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (references date 10.07.2021).

19. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

20. Gulyanov Yu. A. Monitoring of the phytometric indications using innovative crops scanning methods // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2019. No. 3(19). P. 64–76. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76.

UDC 633.11: 551.5

Gulyanov Yu. A.

## CHANGES IN REGIONAL CLIMATIC CONDITIONS AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT IN THE STEPPE ZONE OF EUROPEAN RUSSIA

**Summary.** *Monitoring of climatic conditions is necessary to determine the degree of their change and to develop methods for optimizing the interaction of natural and socio-economic systems aimed at maintaining food security without harming the environment. The purpose of the research was to analyze long-term climatic trends and assess their impact on the productivity of winter wheat in the model regions (Orenburg and Volgograd regions) of the steppe zone of European Russia for the period from 1990 to 2020. Statistical processing was carried out by the method of correlation and regression analysis. The variability of the studied meteorological parameters and the yield of winter wheat over the years was estimated using the coefficient of variation. The positive dynamics of the average daily air temperature was revealed. It was 1.6–2.3 °C on average per year, 2.5–3.5 °C during the autumn growing season (August–September) and 1.1–2.4 °C in spring-summer growing season (April–June). A steady precipitation decrease in the warm period of the year in the Orenburg region (by 32 mm) and their zero balance in the Volgograd region against the background of an increased sum of active temperatures or growing degree days (by 395–580 °C) led to a decrease in the Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) by 0.15–0.20 units. In some periods of vegetation, the HTC values approached the level “dry” in the cultivation zone assessment. Typically, winter wheat productivity depends on zonal features. In the Volgograd region, grain yield exceeding the average (2.32 t/ha) was obtained in 52.3 % of years; in the Orenburg region (1.61 t/ha) – in 47.6 % of years. The yield that amounted to 75% of the maximum was noted in 33.2 % of years in the Volgograd region, in the Orenburg region – in 14.3 % of years (all-Russian indicator – 38.1 %). The realization of the biological productivity of winter wheat is more related to the amount of precipitation, which determines 40.6% (Volgograd region) and 44.2% (Orenburg region) of its variations. In the Orenburg region, annual precipitation in general and those of the cold period have priority; in the Volgograd region – annual precipitation and precipitation of the spring-summer period.*

**Keywords:** *climatic changes, steppe zone, Triticum aestivum L., winter wheat, biological productivity realization, cultivation technologies.*

Гулянов Юрий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение ФГБУН Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ РАН); 460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11; e-mail: iury.gulyanov@yandex.ru.

Gulyanov Yuriy Aleksandrovich, Dr. Sc. (Agr.), professor, leading researcher of the Department of steppe studying and environmental management, Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate unit of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Orenburg Federal Research Center” of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 11, Pioneer str., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: iury.gulyanov@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 24.09.2021.*

*Дата принятия к печати – 15.10.2021.*