

К вопросу о современных климатических вызовах устойчивому земледелию в степных регионах России

Ю. А. Гулянов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

460000, г. Оренбург, улица Пионерская, 11

✉ iury.gulyanov@yandex.ru.

Резюме. В статье представлены актуализированные сведения о современных климатических тенденциях в степных регионах России на примере модельных постцелинных территорий Оренбургского Зауралья. Отмечена нарастающая засушливость климата, определяемая отрицательным трендом годовых атмосферных осадков, составившим 74 мм или 24,8% от средней за период (1990-2024 гг.) величины (298 мм) и сумм осадков активного периода (58 мм или 31,5% от 184 мм). Определено повышение среднегодовой температуры воздуха на 0,6 °C или 17,6% от средней за период величины (3,4 °C) и отмечен рост сумм активных (выше 10 °C) температур на 160 °C или 5,8% от 2756 °C. Подтверждена высокая разбалансированность климата, выражающаяся в сочетании засушливости с непродолжительными периодами аномального атмосферного увлажнения в виде ливней (дождевых зарядов), нередко с ураганными ветрами и градом. Приведён анализ последствий неблагоприятных метеорологических проявлений, отнесённых к числу вызовов, препятствующих высокой реализации урожайного потенциала полевых культур. Обоснована необходимость тщательной оценки рисков и переосмысления устоявшихся технологических подходов. Сформулированы предложения по адаптации земледелия к сложившимся метеорологическим условиям и повышению его устойчивости путём реализации комплекса мероприятий технологической, технической и социальной направленности. В него рекомендовано включить оптимизацию структуры земельного фонда, расширение видового состава возделываемых культур и внедрение научно-обоснованных севооборотов, реализацию мер по рациональному использованию осадков, селекцию и семеноводство адаптивных сортов, повышение технической и кадровой оснащённости хозяйств, разработку зональных научно-обоснованных систем на ландшафтно-адаптивной основе.

Ключевые слова: степная зона РФ, Оренбургское Зауралье, климатические вызовы, устойчивость земледелия

Для цитирования: Гулянов Ю. А. К вопросу о современных климатических вызовах устойчивому земледелию в степных регионах РФ // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 4 (72). С. 12-19. doi:10.18286/1816-4501-2025-4-12-19

On the current climate challenges to sustainable agriculture in the steppe regions of Russia

Yu. A. Gulyanov

Steppe Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

460000, Orenburg, Pionerskaya Street, 11

✉ iury.gulyanov@yandex.ru.

Abstract. The article presents updated data on current climatic trends in the steppe regions of Russia using the model post-virgin land territories of the Orenburg Trans-Urals as an example. A growing aridity of the climate is noted, determined by a negative trend in annual precipitation, amounting to 74 mm, or 24.8% of the average for the period (1990-2024) (298 mm), and the total precipitation of the active period (58 mm, or 31.5% of 184 mm). An increase in the average annual air temperature of 0.6 °C, or 17.6% of the average for the period (3.4 °C) was determined, and an increase in the total active (above 10 °C) temperatures by 160 °C, or 5.8% from 2756 °C, is noted. A highly imbalanced climate is confirmed, manifested in a combination of aridity and short periods of abnormal atmospheric moisture in the form of downpours (rainstorms), often accompanied by hurricane-force winds and hail. An analysis of the consequences of adverse meteorological phenomena, classified as challenges hindering the full realization of the yield potential of field crops is presented. The need for a thorough risk assessment and a rethinking of established technological approaches is substantiated. Proposals are formulated for adapting agriculture to the current meteorological conditions and increasing its sustainability through implementation of a set of technological, technical and social measures. These measures include improvement of the land fund structure, expansion of the species composition of cultivated crops, the introduction of scientifically based crop rotations, the implementation of measures for the rational use of precipitation, selection and seed production of adaptive varieties, improvement of technical and personnel resources at farms and development of zonal scientifically based systems based on landscape adaptation.

Keywords: steppe zone of the Russian Federation, Orenburg Trans-Urals, climatic challenges, agricultural sustainability

For citation: Gulyanov Yu. A. On the current climate challenges to sustainable agriculture in the steppe regions of Russia // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025.4 (72): 12-19 doi:10.18286/1816-4501-2025-4-12-19

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме № ГР АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем»

Введение

Степные регионы России, находящиеся в не самых благоприятных для устойчивого земледелия климатических условиях, принимают весомое участие в обеспечении продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны [1]. В первую очередь это касается производства продовольственного зерна пшеницы, отличающегося высоким качеством при относительно невысокой урожайности [2].

Характерный для степных регионов режим ограниченной влагообеспеченности на протяжении уже нескольких десятилетий развивается в сторону ещё большей засушливости за счёт нарастания термических ресурсов при заметном сокращении атмосферных осадков [3]. Подобная динамика метеорологических параметров отмечается и в других регионах России и в целом носит глобальный характер [4, 5]. Это создаёт достаточно серьёзные риски для полеводства, выражающиеся в нестабильности урожайности и валовых сборов, ставящие под сомнение экономическую целесообразность земледелия и создающие угрозу продовольственной безопасности во всём мире [6-8].

При этом неблагоприятная для полеводства нарастающая засушливость климата во многих регионах степной зоны России сопровождается ещё и его высокой разбалансированностью. Она выражается в сочетании засушливости с периодами сильного переувлажнения, вызываемого ливневыми дождями, нередко с ураганными ветрами и градом. Примером могут служить условия чрезвычайного атмосферного переувлажнения на фоне многолетней засухи в Оренбургском Зауралье (2023, 2024 гг.), отрицательно сказавшиеся на формировании урожая и создавшие трудности с его уборкой [9].

Указанные метеорологические проявления выступают серьёзными препятствиями для высокой реализации урожайного потенциала полевых культур, отрицательно сказываются на качестве продукции [10, 11].

В соответствии с этим, актуализация сведений о современных климатических тенденциях, анализ их последствий и разработка предложений по повышению устойчивости земледелия в степных регионах России имеют высокую актуальность.

Цель исследования – анализ современных климатических изменений, оценка рисков и обоснование предложений по повышению устойчивости земледелия.

Для выполнения намеченной цели были сформулированы следующие задачи:

- обобщить сведения о современных климатических тенденциях в степных регионах России на примере модельных территорий Оренбургского Зауралья;

- оценить последствия неблагоприятных метеорологических проявлений, риски снижения валовых сборов и качества растениеводческой продукции;

- сформулировать предложения по повышению устойчивости земледелия степных регионов России в условиях современных климатических изменений

Материалы и методы

В качестве объектов исследований выступали расположенные в Зауралье территории землепользования Кваркенского, Адамовского и Домбаровского муниципальных образований Оренбургской области, характеризующиеся резко-континентальным климатом, определяемым значительным удалением от морей и океанов, исключающим смягчающее воздействие морских воздушных масс [9]. Оренбургское Зауралье отличается ограниченным количеством атмосферных осадков, повышенной температурой воздуха в летний период и критически низкой температурой зимой с абсолютной амплитудой годовых температур на уровне 85-90 °С. В тёплое время года здесь отмечается сильное нагревание поверхности почвы, сопровождающееся жарой с засухами и суховеями. В зимний период крепкие морозы нередко сочетаются с сильными выюгами и метелями [12].

В северной и центральной частях Оренбургского Зауралья наиболее распространёнными почвами являются чернозёмы обыкновенные и южные, южнее которых почвенный покров представлен тёмно-каштановыми почвами. В подзоне чернозёмов южных и тёмно-каштановых почв распространены их комплексы с солонцами, доля которых составляет около 36% [13].

При подготовке статьи использовали результаты полевых экспедиционных исследований 2019-2024 гг. В качестве наземной метеорологической информации использовали данные метеорологических станций Росгидромета, расположенных в посёлках Домбаровский (синоптический индекс 35233) и Красноярский (синоптический индекс 35039), представленные в виде временных рядов среднесуточных и среднемесячных значений осадков и температуры воздуха за 1990-2024 гг. [14]. Характеристику исследуемых территорий по гидротермическому коэффициенту (ГТК) осуществляли в соответствии с принятой классификацией по Г.Т.Селянинову [15].

Энергию прорастания семян определяли одновременно со всхожестью путём подсчёта числа нормально проросших (всхожих) зёрен через три (энергия прорастания) и семь (всхожесть) дней после закладки опыта.

При обработке цифрового материала применяли стандартные методы статистического анализа (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.)

Результаты

В результате анализа динамики метеорологических параметров (1990-2024 гг.) исследуемых территорий Оренбургского Зауралья выявлены их стихийные изменения, проявившиеся в виде уже ставших привычными многолетних засух, включающих непродолжительные периоды повышенного атмосферного увлажнения.

В числе определяющих факторов засушливости климата выделено значительное сокращение атмосферных осадков на фоне заметного потепления. Так,

по сведениям Красноярской ГМС, приуроченной к юго-восточным территориям Кваркенского района и северо-восточной части Адамовского района, за период с 1990 по 2022 г наблюдали отрицательную динамику (тренд) как среднегодовых осадков, составившую 114 мм или 38,7% от среднего за период количества (294 мм), так и сумм осадков активного периода (со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °C) – 105 мм или 59,0% (от 178 мм) (рис.1).

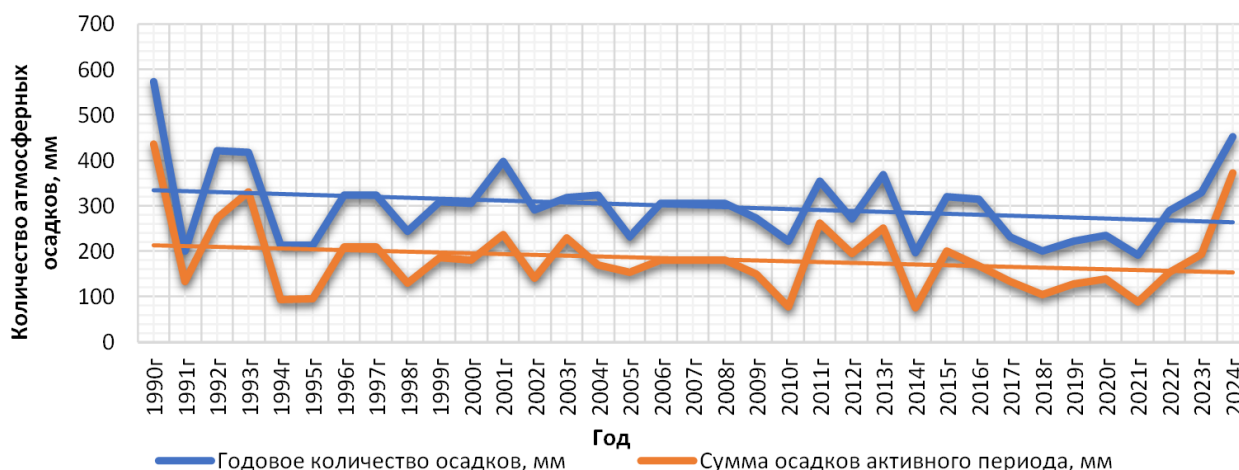


Рис. 1. Динамика годовых атмосферных осадков и сумм осадков активного периода, ГМС п. Красноярский, 1990-2024 гг.

В последующие два года приведённые метеорологические параметры превышали среднюю величину предшествующих лет на 58 (19,7%, 2023 г) – 145 мм (49,3%, 2024 г) и 15 (8,4%, 2023 г) – 194 мм (108,9%, 2024 г) соответственно.

В целом же за 35-летний период сохранился отрицательный тренд годовых атмосферных осадков, составивший 74 мм или 24,8% от средней за период величины (298 мм), и сумм осадков активного периода – 58 мм или 31,5% (от 184 мм)

Наибольшее их снижение наблюдали в первом десятилетии анализируемого периода (1990-1999 гг.), когда оно составило 154 мм (47,6% от 323 мм) в среднегодовом измерении и 151 мм (72,2% от 209 мм) - за активный период. В последующие два десятилетия периода отмечали менее выраженное снижение указанных параметров, составившее 67...47 мм (21,9 – 26,1%) за 2000 – 2009 гг и 65...67 мм (24,8...44,1%) за 2010...2022 гг. соответственно.

Характерной особенностью анализируемого периода стал и значительно изменившийся температурный режим, выразившийся в повышении среднегодовой температуры воздуха на 0,6 °C или 17,6% от средней за период величины в 3,4 °C и росте сумм активных (выше 10 °C) температур на 160 °C или 5,8% (от 2756 °C) (рис. 2).

Наибольший прирост термических ресурсов, выразившийся в положительном тренде среднегодовой температуры воздуха на 0,7 °C при сумме

активных температур в 2844 °C наблюдали в период с 2010 по 2022 годы. В предшествующие два десятилетия среднегодовая температура воздуха и сумма активных температур были ниже на 0,4 °C (11,4%) – 0,2 °C (5,7%) и 112 °C (3,9%) – 184 °C (6,5%) соответственно.

Приведённые тенденции в изменении режима увлажнения и термических ресурсов оказали существенное влияние на динамику гидротермических условий в целом, придав ей отрицательную направленность. Тренд средней за 35-летний период величины ГТК Селянинова составил 0,28 единицы или 41,1% от средней величины в 0,68 единицы. При этом отрицательная направленность его изменений отмечалась в каждый из трёх промежуточных периодов и составила 0,67 единицы или 84,8% от средней величины в 0,79 единицы за 1990-1999 гг., 0,17 единиц или 25,0% от средней величины в 0,68 единицы за 2000-2009 гг. и 0,2 единицы или 38,9% от средней величины в 0,54 единицы за 2010-2022 гг. В итоге в течение анализируемого периода благоприятность гидротермических условий последовательно снижалась (ГТК 0,79 – 0,68 – 0,54) и в среднем в соответствии с принятой градацией они характеризовались как очень засушливые (0,4-0,7 единицы ГТК).

Обычным для зоны исследований в анализируемый период стало наличие продолжительных бездождевых или бесснежных периодов, сменяющихся проливными дождями или снегопадами,

продолжающимися несколько дней подряд. К примеру, совсем не отмечали осадков с 9 января по 15 февраля (37 дней) и с 15 марта по 13 апреля 2023 г (28 дней). С 15 апреля по 9 мая (24 дня) и с 13 мая по 17 июня 2023 г (36 дней) наблюдали только 2 и 3 дождливых дня, за которые выпало 0,6 и 7,9 мм осадков. При этом с середины августа до конца

ноября (106 дней) этого же года было отмечено 49 дождливых дней (46,2%), за которые выпало 210 мм осадков или 59,6% от их суммарного количества за год (352 мм). Зима 2023 г началась очень поздно, осадки в виде снега появились только в декабре и характеризовались крайне неравномерным распределением по дням (рис. 3).

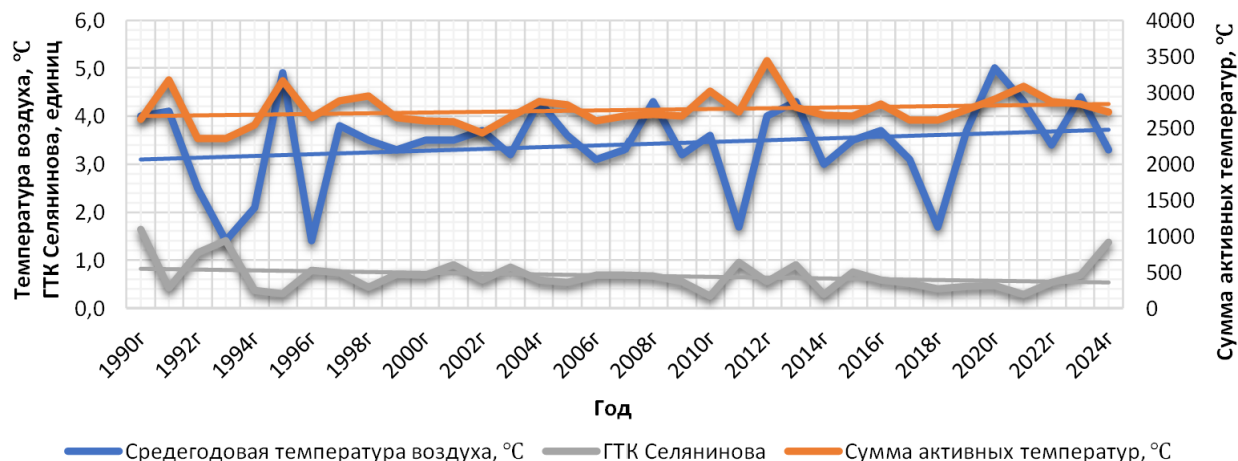


Рис. 2. Динамика среднегодовой температуры воздуха, сумм активных температур и ГТК Селянинова, ГМС п. Красноярский, 1990-2024 гг.

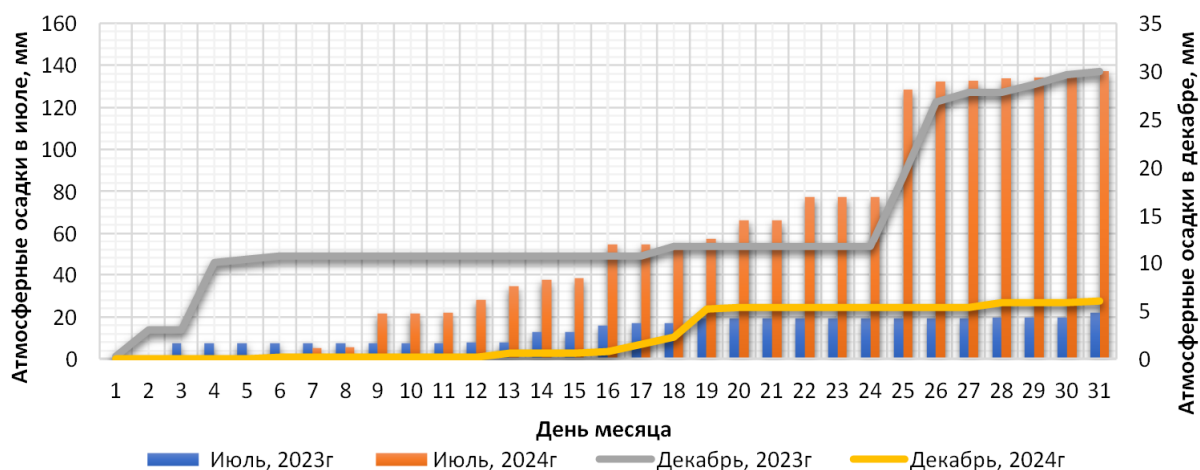


Рис. 3. Накопление атмосферных осадков по отдельным летним и зимним месяцам в контрастные по увлажнению годы (ГМС п. Красноярский)

В 2024 г наиболее обильными на осадки оказались поздневесенние и летние месяцы, а осенью и в начале зимы их было значительно меньше. Так, в мае отмечалось 12 дождливых дней (38,7%), в июне – 16 (53,3%), в июле – 20 (64,5%) и 18 дней (58,1%) в августе. За эти месяцы выпало 70,4% (309 мм) осадков от их годового количества (439 мм) – 32 мм в мае, 92 мм в июне, 124 мм – в июле и 61 мм в августе. Самым скудным на осадки оказался сентябрь (менее 1,0 мм), в октябре выпало 7 мм, 14 мм отмечалось в ноябре и 6 мм –

в декабре, а в целом за четыре месяца 28 мм или только 6,4% от годового количества.

Следует отметить и периоды с максимальным количеством осадков, преимущественно ливневого характера, нередко с градом, в течение одних суток. В сентябре 2022 г, мае, августе, сентябре, октябре 2023 г, июне, июле и августе 2024 г. наблюдались дни с количеством осадков выше 15 мм, а абсолютный рекорд зафиксирован 25 июля 2024 г, когда в течение одних суток выпало 51 мм осадков или 11,6% от их годового количества.



Рис. 4. Динамика минимальной температуры воздуха и высоты снежного покрова, декабрь 2023г (ГМС п. Домбаровский)

В исследуемых территориях часто отмечали понижение температуры воздуха до 30 °C и ниже до установления снежного покрова, в целом характеризовавшегося небольшой мощностью. Его максимальная высота по данным ГМС п. Красноярский в среднем составила 63 см и 37 см по данным ГМС п. Домбаровский (рис. 4).

На открытых степных поверхностях, подверженных ветрам, высота снежного покрова всегда оказывалась меньше величин, фиксируемых метеостанциями. Более высокие снегозапасы отмечали на убранных на высоком срезе полях, на стерневых фонах обработанных полей или необработанных полей, оставленных под прямой посев (рис. 5).

Следует отметить, что при общей схожести направленности и величины изменений метеорологических параметров между исследуемыми территориями совместные вариации их временных рядов наблюдались только в отношении среднегодовой температуры воздуха и суммы активных температур. Их связь оказалась сильной с коэффициентом

корреляции Пирсона (r) 0,93...0,91. Временные ряды годовых атмосферных осадков, сумм осадков за период активных температур и ГТК Селянинова оказались связанными в средней степени ($r = 0,58...0,66$) (табл. 1).



Рис. 5. Высота снежного покрова на одном из полей после яровой пшеницы в КФХ «Д.Ж.Досов», п. Ушкатты, Домбаровский район, 28 января 2025г.

Таблица 1. Гидротермическая характеристика исследуемых территорий Оренбургского Зауралья, средние за 1990-2024г

Показатели		Степная зона (Кваркенский, Адамовский МО)	Сухостепная зона (Домбаровский МО)	Коэффициент корреляции
Количество годовых атмосферных осадков, мм	средние	298	314	0,66
	коэфф вар	30,7	22,5	
	тренд	-74	-60	
Количество осадков периода активных (>10 °C) температур, мм	средние	184	172	0,58
	коэфф вар	43,6	34,0	
	тренд	-58	-38	
Среднегодовая температура воздуха, °C	средние	3,4	4,6	0,93
	коэфф вар	26,4	21,7	
	тренд	0,6	1,4	
Сумма активных (>10 °C) температур, °C	средние	2756	3067	0,91
	коэфф вар	8,2	8,8	
	тренд	160	410	
ГТК Селянинова	средние	0,68	0,57	0,64
	коэфф вар	47,5	38,5	
	тренд	-0,28	-0,23	
Характеристика условий увлажнения		засушливые-очень засушливые	очень засушливые	

На фоне многолетней засушливости, значительно снижающей урожайные перспективы полевых культур, чрезвычайное количество атмосферных осадков в отдельные годы является не меньшим препятствием для высокой реализации урожайного потенциала и отрицательно сказывается на качестве продукции.

Как показали экспедиционные исследования, при уборке урожая в переувлажнённые годы (2023 г) в партиях зерна высока вероятность присутствия наклюнувшихся и проросших зёрен, характеризующихся низкими посевными кондициями и малопригодных для посева (табл. 2).

Таблица 2. Посевные качества семян зерновых культур при различном содержании наклюнувшихся зёрен в пробе, из урожая 2023 г

Культура	Содержание наклюнувшихся зёрен в пробе, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Пшеница мягкая	100	8	14
	50	32	45
	0	83	94
Пшеница твёрдая	100	6	12
	50	28	41
	0	80	92
Ячмень	100	9	15
	50	33	43
	0	87	96

По устойчивости к прорастанию на корню более слабыми оказались голозерные культуры, из которых менее устойчивой была мягкая пшеница. Ячмень при большей устойчивости к прорастанию характеризовался меньшей устойчивостью к полеганию, особенно в период обильных дождей.

Обсуждение

Проведённый анализ метеорологических условий (1990-2024 гг.) свидетельствует о сохраняющейся тенденции повышения засушливости климата Оренбургского Зауралья, несмотря на атмосферное переувлажнение отдельных месяцев. Он также свидетельствует о высокой разбалансированности климата, обостряющей многие хозяйственные проблемы.

Наблюдающиеся изменения метеорологических условий создают значительные препятствия для высокой реализации урожайного потенциала полевых культур и могут расцениваться как современные вызовы устойчивому земледелию.

Ливневые (залповые) дожди в переувлажнённые периоды препятствуют качественному проведению технологических операций по уходу за посевами, что сопровождается активным развитием сорной растительности, отрицательно сказывающейся на формировании урожая и создающей трудности с его уборкой. Дополнительный урон урожаю наносят ураганные ветры и град в период уборки, вызывающие полегание хлебов, выбивающие созревшее зерно из колоса.

Значительное переувлажнение периода уборки зачастую сопровождается наличием в семенных партиях наклюнувшихся и проросших зёрен, израсходовавших определённую часть запасённых питательных веществ на прорастание ещё задолго до посева и существенно уступающих полноценным семенам по посевным свойствам. Их использование для посева может привести к формированию недружных всходов с низкой полнотой и жизнеспособностью, что в последующем может выразиться в изреженности продуктивного стеблестоя и значительном снижении урожайности.

В зимний период длительное отсутствие снежного покрова или его недостаточная мощность при критическом понижении температуры воздуха крайне неблагоприятно для осваиваемых отдельными хозяйствами озимых культур, существенно снижающих зимостойкость и сохранность к уборке [16].

Обозначенная тенденция метеорологических параметров при прогрессирующей деградации почвенного покрова нуждается в тщательной оценке рисков для устойчивого производства растениеводческой продукции, требует переосмысления устоявшихся технологических подходов.

В соответствии с изложенным, при адаптации земледельческих технологий к «метеорологическим качелям» для снижения остроты засушливых проявлений, наряду с уже отмеченной нами перспективностью внедрения в технологический процесс приёмов влагосберегающей и почвовосстанавливающей направленности, таких как минимизация обработки почвы или её полное исключение с мульчированием поверхности, соблюдения научно-обоснованных севооборотов [17], их насыщения многолетними травами и создания травяных экосистем, селекции и семеноводства скороспелых, засухоустойчивых и жаростойких сортов, расширения видового состава и интродукции нетрадиционных культур с высокими адаптационными и хозяйственными признаками, а также использования цифровых ресурсов [9], целесообразно сокращение площадей под почвозатратными монокультурами (подсолнечник), сосредоточение технологической нагрузки на землях с высоким запасом органики, неподверженных эрозии и отличающихся высокой водопоглощательной и вододерживающей способностью, устойчивых к переуплотнению и заплыванию при чрезмерном увлажнении.

Ввиду относительно невысокого количества годовых атмосферных осадков улучшение условий влагообеспеченности может обеспечить осуществление комплекса мероприятий по снегонакоплению (уборка очёсывающими жатками, выращивание кулис из высокостебельных растений, снегозадержание с использованием технических средств). Положительный эффект можно ожидать и от перехода хозяйств к смешанной зерноживотноводческой специализации, обеспечивающей поддержание продуктивных свойств почв

пополнением их гумусового запаса внесением органических удобрений.

Снижению климатических рисков может способствовать внедрение короткостебельных сортов зерновых культур, успешно противостоящих влиянию засух и полеганию от аномальных ветров или града, включение в севообороты плёнчатых культур (ячмень, овёс) как более устойчивых к прорастанию на корню, насыщение парка сельскохозяйственных машин и орудий, позволяющее оперативно проводить технологические операции, повышение информационной и кадровой оснащённости хозяйств, в т.ч. специалистами агрономического профиля, и других мероприятий, направленных на качественное проведение полевых работ при нестабильной погоде.

Для снижения пролонгированного эффекта переувлажнённых лет в виде недоброкачественного семенного материала можно рекомендовать возвращение к практике формирования переходящего (страхового) фонда семян, включающего также и сухое товарное зерно из урожая предыдущих лет, после соответствующей подготовки (очистка, калибровка) более пригодное для использования на посевные цели.

Учитывая свойственные степным регионам России пространственные особенности почвенных и климатических условий, проявляющиеся даже в границах относительно небольших по российским меркам территорий, чрезвычайную важность имеет реализация зональных научно-обоснованных систем на ландшафтно-адаптивной основе [18]. Этому может способствовать организация научно-образовательных центров (НОЦ) на базе региональных НИИ и ВУЗов соответствующего профиля, располагающих для их разработки необходимой лабораторно-производственной базой и специалистами соответствующей квалификации.

Заключение

Результаты проведённых в Оренбургском Зауралье исследований подтвердили наблюдающуюся во многих регионах степной зоны России высокую разбалансированность климата, выражающуюся в нарастающей засушливости, включающей периоды повышенного атмосферного увлажнения, сопровождающиеся аномальными метеорологическими проявлениями в виде ливней, нередко с ураганскими ветрами и градом. Наблюдающиеся изменения метеорологических условий являются серьёзными препятствиями для высокой реализации урожайного потенциала полевых культур и негативно сказываются на качестве продукции. Для повышения устойчивости земледелия путём снижения климатических рисков высокую целесообразность имеет адаптация технологического процесса к складывающимся условиям, включающая мероприятия технологической, технической и социальной направленности.

Литература

1. Кумратова А. М., Алещенко В. В. Продуктивность зернового производства России: тенденции

и перспективы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3 (63). С. 142-146. doi: 10.12737/2073-0462-2021-142-146

2. Зеленев А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Агроэкологическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных чернозёмах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 77-88. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-07

3. Кононенко О. В. Климатические изменения температурных факторов продуктивности, роста и развития зерновых культур на территории Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (78). С. 47-58. doi: 10.24411/2078-1318-2024-4-47-58

4. Формирование урожайности яровой пшеницы в условиях изменения климата в Зауральской степи / К. Р. Исмагилов, Р. С. Кираев, А. С. Шаяхметов, Р. Р. Исмагилов // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39. № 4. С. 31-36. — doi: 10.53859/02352451_2025_39_4_31. EDN JCUAXT.

5. Grosse-Heilmann M., Cristiano E., Deidda R., Viola F. Durum wheat productivity today and tomorrow: A review of influencing factors and climate change effects // Resources, Environment and Sustainability. 2024. Vol. 17. P. 100170. doi: 10.1016/j.resenv.2024.100170

6. Переведенцев Ю. П., Васильев А. А. Изменение климата и его влияние на сельское хозяйство // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 5-13. doi: 10.52002/0130-2906-2023-9-5-13

7. Impacts of climate change on crop production and soil carbon stock in a continuous wheat cropping system in southeast England / S. Liang, N. Sun, J. Meersmans, et al. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2024. Vol. 365. P.108909. doi: 10/1016/j.agee.2024.108909

8. Impacts of climate change on vegetation phenology and net primary productivity in arid Central Asia / L. Wu, X. Ma, X. Dou, et al. // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 796. P. 149055. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149055

9. Гулянов Ю. А., Чибилёв А. А., Левыкин С. В. Новационные подходы к снижению природозатратности в высокопродуктивных агротехнологиях степной зоны России // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 6-16. doi: 10.18286/1816-4501-2024-4-6-16

10. Павлова В. Н., Караченкова А. А., Варчева С. Е. Региональный мониторинг агроклиматических условий формирования урожая при изменении климата // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2020. № 596. С. 55-77.

11. Водопотребление и продуктивность яровой пшеницы на разных технологиях возделывания в условиях лесостепи Среднего Поволжья А. Л. Тойгильдин, И. А. Тойгильдина, И. А. Богданов и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). С. 13-20. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-13-20

12. Леонтьева Т. В. Климатические особенности формирования водных ресурсов Восточного Оренбуржья // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. № 4. С. 244-247.

13. Климентьев А. И. Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка. Екатеринбург: Издательство УрО РАН, 2000. 433 с.

14. Расписание погоды [Электронный ресурс] Режим доступа: URL <https://rp5.ru/> (дата обращения 23.01.2025).

15. Журина Л.Л., Лосев А.П. Агрометеорология. СПб.: ООО «Квадро», 2012. 366 с.

16. Гулянов Ю. А. Пути повышения зимостойкости и сохранности к уборке озимой пшеницы в степи Южного Урала // Земледелие. 2005. № 6. С. 24-25.

17. Гулянов Ю. А., Балдина Е.Ю. Эффективность использования ресурсного потенциала степных агроландшафтов при выращивании яровой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 22-26.

18. Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3-7. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10201

References

1. Kumratova A. M., Aleshchenko V. V., Grain production productivity in Russia: trends and prospects, // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2021. Vol. 16. No. 3 (63). P. 142-146. doi: 10.12737/2073-0462-2021-142-146

2. Zelenev A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agroecological assessment of the productivity of winter wheat varieties on the southern black soils of the Volgograd region // Vestnik of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. No. 3 (63). P. 77-88. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-07

3. Kononenko O. V. Climatic changes in temperature factors of productivity, growth and development of grain crops in the Russian Federation // Vestnik of the St. Petersburg State Agrarian University. 2024. No. 4 (78). P. 47-58. doi: 10.24411/2078-1318-2024-4-47-58

4. Formation of spring wheat yield under climate change conditions in the Trans-ural steppe / K.R. Ismagilov, R.S. Kiraev, A.S. Shayakhmetov, et al. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2025;39(4):. Russian. doi: 10.53859/02352451_2025_39_4_31

5. Grosse-Heilmann M., Cristiano E., Deidda R., Viola F. Durum wheat productivity today and tomorrow: A review of influencing factors and climate change effects // Resources, Environment and Sustainability. 2024. Vol. 17. P. 100170. doi: 10.1016/j.resenv.2024.100170

6. Perevedentsev Yu. P., Vasiliev A. A. Climate change and its impact on agriculture // Meteorology and Hydrology. 2023. No. 9. P. 5-13. doi: 10.52002/0130-2906-2023-9-5-13

7. Impacts of climate change on crop production and soil carbon stock in a continuous wheat cropping system in southeast England / S. Liang, N. Sun, J. Meersmans, et al. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2024. Vol. 365. P.108909. doi: 10/1016/j.agee.2024.108909

8. Impacts of climate change on vegetation phenology and net primary productivity in arid Central Asia / L. Wu, X. Ma, X. Dou, et al. // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 796. P. 149055. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149055

9. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Levykin S. V. Innovative approaches to reducing environmental costs in highly productive agricultural technologies in the steppe zone of Russia // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2024. No. 4 (68). P. 6-16. doi: 10.18286/1816-4501-2024-4-6-16

10. Pavlova V. N., Karachenkova A. A., Varcheva S. E. Regional monitoring of agroclimatic conditions for crop formation under climate change // Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A. I. Voeikov. 2020. No. 596. P. 55-77.

11. Water consumption and productivity of spring wheat under different cultivation technologies in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region A. L. Toygildina, I. A. Toygildina, I. A. Bogdanov et al. // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No. 4 (64). P. 13-20. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-13-20

12. Leontieva T. V. Climatic features of water resources formation in Eastern Orenburg Region // Science, New Technologies and Innovations of Kyrgyzstan. 2019. No. 4. P. 244-247.

13. Klimentyev A. I. Soils of the Steppe Trans-Urals: Landscape-genetic and ecological assessment. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2000. 433 p.

14. Weather Schedule [Electronic resource] Access mode: URL <https://rp5.ru/> (access date: 23.01.2025).

15. Zhurina L.L., Losev A.P. Agrometeorology. St. Petersburg: ООО Quadro, 2012. 366 p.

16. Gulyanov Yu. A. Ways to improve winter hardiness and survivability of winter wheat in the Southern Ural steppe // Agriculture. 2005. No. 6. P. 24-25.

17. Gulyanov Yu. A., Baldina E.Yu. Efficiency of using the resource potential of steppe agrolandscapes when cultivating spring wheat in the Orenburg Cis-Urals // Vestnik of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 6 (74). P. 22-26.

18. Kiryushin V.I. State and problems of development of adaptive-landscape agriculture // Agriculture. 2021. No. 2. P. 3-7. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10201