

АДАПТАЦИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ КЛИМАТУ В ЗОНЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ ВОЛГОГРАДСКОГО ПРИХОПЕРЬЯ

Ю.А. Гулянов

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: orensteppe@mail.ru

В статье представлены данные, свидетельствующие о нарастающей засушливости климата в зонах озимого хлебосеяния Волгоградского Прихоперья, выражающейся в увеличении сумм активных температур на фоне снижающегося количества атмосферных осадков. Проанализирована динамика валовых сборов зерна за истекший тридцатидвухлетний период (1990-2021 гг.), выявлена его высокая временная изменчивость. Установлена наиболее сильная ($r = 0,90$) связь валовых урожаев с площадью сохранившихся к уборке продуктивных посевов и их урожайностью ($r = 0,77$), в свою очередь тесно связанных с метеорологическими параметрами. Выявлена прямая зависимость жизнеспособности посевов от количества атмосферных осадков, включая осадки холодного периода ($r = 0,54$) и обратная зависимость от сумм активных температур, наиболее выраженная в летний (апрель-июнь) период ($r = -0,63$). Аналогичные данные получены и в отношении урожайности – увеличение количества атмосферных осадков сопровождалось ее ростом ($r = 0,41$), а увеличение ресурсов активных температур – снижением ($r = -0,57$). На черноземах южных в фермерских хозяйствах Кумылженского района проведено сравнение различных технологических решений, направленных на нивелирование отрицательного воздействия на урожай повышающейся засушливости климата. Состояние агроценозов, оцененное по уровню развития биологической массы посредством нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), подтвердило более высокие перспективы реализации биологического потенциала возделываемых сортов при выращивании озимой пшеницы в севообороте, внедрении влагосберегающих приемов обработки почвы и посева на интенсивных минеральных фонах. Мониторинг климатических тенденций и в других регионах степной зоны России, научное обоснование и реализация адаптивных технологических решений, направленных на стабилизацию зернового производства, приобретает особую значимость в условиях современной разбалансированности мировой экономической системы. Эффективное решение этих задач будет способствовать не только поддержанию продовольственной безопасности населения, но и экологической стабильности уникальных степных экосистем.

Ключевые слова: степная зона, разбалансированность климата, продовольственная безопасность, озимая пшеница, адаптация агротехнологий, Волгоградское Прихоперье.

Введение

В юго-западных регионах степной зоны РФ производство продовольственного зерна, наряду с выращиванием овощей и фруктов, традиционно считается одним из приоритетных направлений сельского хозяйства. Здесь большие площади обрабатываемых сельскохозяйственных угодий ежегодно отводятся под посев пшеницы, ячменя, овса и других зерновых культур.

В Волгоградской области наибольшую долю в структуре посевных площадей занимает озимая пшеница, размещаемая ежегодно на площади более 1,0 млн га. Такое предпочтение связано с более эффективным использованием ее посевами позднеспелых и ранневесенних осадков, позволяющим получать весомые урожаи качественного зерна.

Продуктивность яровых культур и экономическая целесообразность их выращивания зачастую существенно лимитируется высоким термическим режимом и скудностью увлажнения летнего периода.

В условиях крайней разбалансированности и возросшей засушливости климата последних десятилетий урожайность и валовые сборы озимой пшеницы на зональных черноземных и каштановых почвах стали характеризоваться высокой изменчивостью.

Ретроспективный анализ истекшего двадцатидвухлетнего периода (2000-2021 гг.) выявил их вариабельность на уровне 20,8 % и 55,1 %. При средней за указанный период урожайности в 2,33 т/га размах ее вариации составил 1,95 т/га – от 1,34 т/га в 2010 г. до 3,29 т/га в 2017 г. Изменчивость валового урожая составила 3854,5 тыс. т – от 517,9 тыс. т в 2003 г. до 4372,4 тыс. т в 2017 г. [1]. Наиболее сильно ($r = 0,90$) валовые сборы зависели от площади сохранившихся к уборке продуктивных посевов (общей выживаемости) и их урожайности ($r = 0,77$), в свою очередь тесно связанных с метеорологическими параметрами.

На жизнеспособность посевов (сохранение площади посева, га) наибольшее прямое влияние оказывали атмосферные осадки, включая осадки холодного периода ($r = 0,54$). Влияние сумм активных температур оказалось обратным, наиболее выраженным в летний (апрель-июнь) период ($r = -0,63$). Аналогичная зависимость от метеорологических параметров выявлена и в отношении урожайности – увеличение количества атмосферных осадков сопровождалось ее ростом ($r = 0,41$), а увеличение ресурсов активных температур – снижением ($r = -0,57$). Примечательно, что и в осенний, и в весенне-летние периоды вегетации зависимость урожайности от метеорологических параметров оказалась близкой, что подтверждает их практически равную значимость в реализации биологического потенциала возделываемых сортов [2].

В обеспечении высокопродуктивной архитектоники пшеничных агроценозов очень важны условия осеннего периода вегетации (август-октябрь), благоприятные для формирования дружных и полных всходов, оптимального кущения и закалки растений [3]. Как мы уже отмечали в своих публикациях, только успешное прохождение осенних этапов органогенеза может способствовать легкой зимовке и высокой жизнеспособности озимой пшеницы [4, 5]. Как правило, такой исход наблюдается при благоприятном сочетании водного и температурного режимов почвы и воздуха при выращивании озимых культур на высоких агротехнических фонах в технологиях, адаптированных к климатическим реалиям [6]. Их внедрение, в отличие от традиционных ресурсозатратных приемов, зачастую оказывается решающим для закладки оптимальной плотности продуктивного стеблестоя и структуры колоса, формирования полновесного качественного зерна [7].

Отмечаемая в настоящее время повсеместно нарастающая засушливость климата [8, 9], выражающаяся в увеличении сумм активных температур на фоне снижающегося количества атмосферных осадков, отчетливо проявляется во многих регионах степной зоны России [10].

На сельскохозяйственных землях Волгоградского Прихоперья, традиционно считающегося территорией успешного озимого хлебосеяния, такие климатические изменения проявляются также регулярно. Это приводит к увеличению относительной доли лет с неблагоприятными гидротермическими условиями (по ГТК Селянинова), особенно в период осенней вегетации. Так, за 1990-2021 гг. (32 года) в 9 лет (28,2 %) гидротермическая характеристика периода август-октябрь соответствовала сухой, в 7 лет (22,0 %) – очень засушливой и в 10 лет (31,2 %) – засушливой. Доля лет с влажными и слабо засушливыми условиями указанного периода (по три года) составила в сумме только 18,6 % (табл. 1).

Таблица 1 – Гидротермическая характеристика наиболее вероятного периода осенней вегетации озимой пшеницы в зоне черноземов южных Волгоградского Прихоперья, 1990-2021 гг.

Период вегетации	Число лет, дифференцированных по величине ГТК Селянинова в осенний период / доля лет за анализируемый период (%)				
	Влажные (1,6-1,3)	Слабо засушливые (1,3-1,0)	Засушливые (1,0-0,7)	Очень засушливые (0,7-0,4)	Сухие (меньше 0,4)
август	1 / 3,1		3 / 9,3	10 / 31,2	18 / 56,4
сентябрь	8 / 25,0	2 / 6,3	6 / 18,7	3 / 9,3	13 / 40,7
октябрь	12 / 37,7	3 / 9,3	3 / 9,3	8 / 25,0	6 / 18,7
август - октябрь	3 / 9,3	3 / 9,3	10 / 31,2	7 / 22,0	9 / 28,2

Наиболее сухими месяцами осенней вегетации являются август и сентябрь с долей гидротермических условий, характеризующихся как засушливые, очень засушливые и сухие, на уровне 96,9-68,7 %. Как правило, именно в этот период осуществляется посев озимой пшеницы, появляются всходы, проходит закалка растений и происходит закладка репродуктивных органов, т.е. формируется основа будущего урожая. Недостаток почвенной влаги в этот период на фоне высокой солнечной инсоляции может значительно снизить дружность и полноту всходов, привести к высокой гетерогенности фитомассы, запозданию в развитии растений на особенно иссушенных участках поля, ухудшить их подготовку к зиме и значительно повысить гибель в зимний период.

Вполне очевидно, что вышедшие из зимовки ослабленные или изреженные посевы будут способны обеспечить только очень низкий уровень реализации биологического потенциала, а в отдельные годы, с особенно засушливым летом, могут не сформировать зерна совсем. Чаще всего ощутимые потери урожая происходят при игнорировании очевидных законов земледелия и климатических изменений, применении технологий, основанных на традиционных влагорасточительных подходах (глубокая обработка почвы, оголенная поверхность поля), нарушении севооборотов, использовании низкокачественных семян и неустойчивых к засухе сортов, исключении удобрений, применении устаревшей сельскохозяйственной техники и отсутствии элементарного агрономического сопровождения (рис. 1).



а

б

Рисунок 1 – Чрезвычайно низкая полнота всходов (октябрь, 2020 г.) и изреженность стеблестоя (апрель, 2021 г.) озимой пшеницы при традиционных влагорасточительных приемах обработки черноземов южных в условиях засухи, Кумылженский район, Волгоградская область

В этой связи определение направленности и степени влияния климатических изменений на продукционный процесс и реализацию биологического потенциала озимой пшеницы является актуальным научным направлением, а разработка технологических приемов, нивелирующих это влияние и повышающих стабильность зернового производства, имеет стратегическое значение для укрепления продовольственной безопасности населения.

Основная цель исследований заключалась в актуализации климатических изменений осеннего периода вегетации озимой пшеницы, их влияния на продуктивность фитомассы и выявлении влагосберегающих технологических подходов, направленных на повышение устойчивости пшеничных агроценозов в условиях дефицита влаги на черноземах южных Волгоградского Прихоперья.

Для достижения намеченных результатов были сформулированы следующие задачи:

- провести ретроспективный анализ (1990-2021 гг.) гидротермических условий наиболее вероятного периода осенней вегетации озимой пшеницы, выявить тенденции изменения (тренд) атмосферного увлажнения и термического режима воздуха;
- оценить вариабельность урожайности и валовых сборов зерна и определить их связь с гидротермическими условиями вегетационного периода;
- актуализировать основные проблемы, связанные с формированием оптимальной архитектоники пшеничных агроценозов в осенний период, снижающие их устойчивость и продуктивность;
- оценить перспективность различных технологических решений, направленных на нивелирование отрицательного воздействия на урожай повышающейся засушливости климата, по уровню развития биомассы современными инструментальными методами.

Материалы и методы

Предметом исследований выступали сведения о площадях посева, уборки, урожайности и валовых сборах зерна озимой пшеницы в административных районах Волгоградской области за 1990-2021 гг., размещенные в Единой информационно-статистической системе РФ (ЕМИСС) [1].

В качестве наземной метеорологической информации использовали данные метеорологической станции Росгидромета, расположенной в населенном пункте Серафимович [11, 12]. Они представляют собой временные ряды среднесуточных и среднемесячных значений температуры воздуха, суточных и месячных сумм осадков за каждый анализируемый год.

Объектом полевых исследований, проведенных в 2017-2021 гг. на черноземах южных Кумылженского района Волгоградской области, служили различные технологические подходы, практикуемые фермерскими хозяйствами при выращивании озимой пшеницы, включающие структуру посевных площадей, особенности построения севооборотов и подготовки почвы, представляющие определенный интерес для нивелирования отрицательного воздействия на урожай повышающейся засушливости климата.

Адаптивность различных технологических решений к условиям меняющегося климата оценивали по уровню развития биологической массы озимой пшеницы в различные периоды вегетации, начиная с осеннего. Контроль за ходом формирования фитомассы осуществляли путем измерения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) портативным ручным сенсором Green Seeker, Model HCS-100 с активным оптическим датчиком по фиксированному маршруту, закрепленному точками.

Математическую обработку статистических и аналитических данных проводили стандартными методами корреляционного и регрессионного анализа [13]. Для оценки силы связи между данными отдельных массивов, имеющими нормальное распределение, использовали коэффициент корреляции Пирсона (r) [14]. Для более точной оценки силы

корреляционной связи пользовались интерпретацией абсолютных значений r по Чеддоку [15]. При значениях коэффициента корреляции (r) от 0,1 до 0,3 корреляционную зависимость считали слабой, от 0,3 до 0,5 – средней умеренной, от 0,5 до 0,7 – средней заметной, от 0,7 до 0,9 – сильной высокой и от 0,9 до 0,99 – сильной весьма высокой.

Результаты и обсуждение

Территория Кумылженского района представляет из себя преимущественно сельскохозяйственную зону области, ориентированную на производство зерновых и технических культур, с приоритетом озимой пшеницы. Под урожай 2022 года ею засеяно 46,5 тыс. га. Из культур ярового сева, размещенных на площади 34,3 тыс. га, 10,9 тыс. га отведено под зерновые культуры, 22,9 тыс. га – под технические (преимущественно подсолнечник) и 550 га – под овощи и бахчевые культуры.

При благоприятном сочетании технологических приемов и метеорологических условий озимая пшеница нередко формирует урожай, приближающийся к 5,0 т/га. При традиционном для этих мест преимущественном выпадении осадков в теплый период года, в отличие от регионов Южного Урала, даже при близком годовом количестве атмосферных осадков (380-420 мм), риски «списания» озимых полей ввиду формирования экономически нецелесообразной продуктивности здесь значительно ниже.

В то же время коснувшееся и этих территорий глобальное изменение климата требует совершенствования технологических подходов, направленных прежде всего на более рачительное расходование влаги на формирование урожая.

Климатические изменения коснулись как количества и периодичности выпадения атмосферных осадков, так и температурного режима воздуха (табл. 2).

Таблица 2 – Современное состояние метеорологических параметров в Волгоградском Прихопье, 1990-2021 гг.

Метеорологические параметры	Абсолютные значения (А), коэффициент вариации (V) и изменение (тренд) абсолютных значений метеорологических параметров					
	август-октябрь		август		сентябрь	
	А / V, %	тренд	А / V, %	тренд	А / V, %	тренд
Атмосферные осадки, мм	96/50,6	-21	28/69,2	-19	43/88,4	-12
Температура воздуха, °С	15,6/14,1	+2,6	22,5/9,3	+4,1	15,7/12,7	+2,6
Сумма активных температур, °С	1397/9,4	+248	696/9,3	+123	471/12,6	+77
ГТК Селянинова	0,69/55,4	-0,28	0,41/75,1	-0,37	0,92/95,6	-0,51

В среднем за тридцатидвухлетний период наблюдений (1990-2021 гг.) среднегодовое количество осадков составило 429 мм и характеризовалось высокой изменчивостью, с коэффициентом вариации 26,0 %. Большая их часть (255 мм или 59,4 %) выпадала в период активных температур (период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С), этот же период отличался и более высокой нестабильностью атмосферного увлажнения, с коэффициентом вариации 34,5 %. Доля осадков, отмеченных в холодный период года, составила 40,6 % (174 мм), а их изменчивость по годам оказалась равной 30,8 %.

Особенностью климатических тенденций данного периода стал положительный тренд атмосферных осадков, составивший 84 мм в целом за год, из которых только 21 мм (25,0 %) отмечен в период активных температур и 63 мм (75,0 %) – в холодный период года. При этом атмосферное увлажнение наиболее вероятного периода осенней вегетации озимой пшеницы еще более ухудшилось. Этот период характеризовался сравнительно скудными осадками,

составившими только 22,3 % от их годового количества, а их изменчивость по годам оказалась самой высокой. В дополнение к этому выявлена отрицательная направленность их изменения, составившая 21 мм или 21,8 %, что значительно снизило благоприятность климата для высокой реализации биологического потенциала полевых культур.

Следует подчеркнуть еще, что самое значительное сокращение количества атмосферных осадков, составившее 19 мм (40,4 %) отмечено в августе, на 12 мм (21,8 %) их стало меньше выпадать в сентябре, и только в октябре наметилась тенденция их заметного роста – на 10 мм или 28,5 %.

Термический режим исследуемого периода характеризовался значительным ростом среднегодовой температуры воздуха. При средних значениях 8,7 °С ее прирост составил 2,3 °С. В наиболее вероятный период осенней вегетации озимой пшеницы увеличение среднемесячной температуры воздуха составило 2,6 °С. Месяцем с самой высокой среднесуточной температурой воздуха (22,5 °С) и самым высоким ее увеличением (на 4,1 °С) стал август. Положительный тренд среднесуточной температуры воздуха наблюдался и в октябре (+1,2 °С) и даже в ноябре (+2,0 °С), с положительной среднемесячной температурой (8,6 и 1,0 °С соответственно).

Следствием увеличившейся среднесуточной и среднемесячной температуры воздуха стало достаточно существенное повышение сумм активных температур, составившее в целом за август-октябрь 248 °С (17,7 %), из которых прирост в 123 °С наблюдался в августе, 77 °С – в сентябре и 48 °С – в октябре.

Отмеченное совокупное изменение метеорологических параметров, выразившееся в уменьшении ресурсов атмосферного увлажнения и нарастании ресурсов тепла, сопровождалось снижением общей гидротермической оценки условий осеннего периода вегетации. Так ГТК Селянинова в целом за август-октябрь в среднем за исследуемый период оказался равен 0,69 единиц, что характеризует условия увлажнения как пограничные, между засушливыми и очень засушливыми. Его снижение за 32 года составило 0,28 единиц. Самое существенное снижение ГТК отмечено в сентябре (на 0,51 единицу), а самые низкие его значения – в августе (0,41 единица), условия увлажнения которого вплотную приблизились к оценке сухие (при ГТК ниже 0,4 единиц).

Как показали наши наблюдения, отмеченные климатические тенденции значительно усложняют получение полноценных всходов озимых культур и повышают требовательность к подбору технологических приемов, способствующих более рациональному расходованию влаги за счет сведения к минимуму ее непродуктивных потерь, связанных, прежде всего, с испарением с незащищенной поверхности поля. Неоспоримо возделывание озимой пшеницы в севообороте, использование мелких обработок почвы без оборота пласта, как можно долгое содержание почвы под пологом культурных растений или пожнивными остатками, использование высококачественных семян засухоустойчивых сортов, компенсация выноса элементов минерального питания внесением минеральных удобрений, внедрение инновационных приемов контроля с элементами цифровых технологий.

В наших исследованиях наиболее дружные и полные всходы озимой пшеницы за период, характеризовавшийся достаточно изменчивыми метеорологическими условиями (рис. 2), получены при возделывании озимой пшеницы в четырехпольном зернопаровом севообороте (пар – озимая пшеница – яровая пшеница твердая – яровая пшеница мягкая).

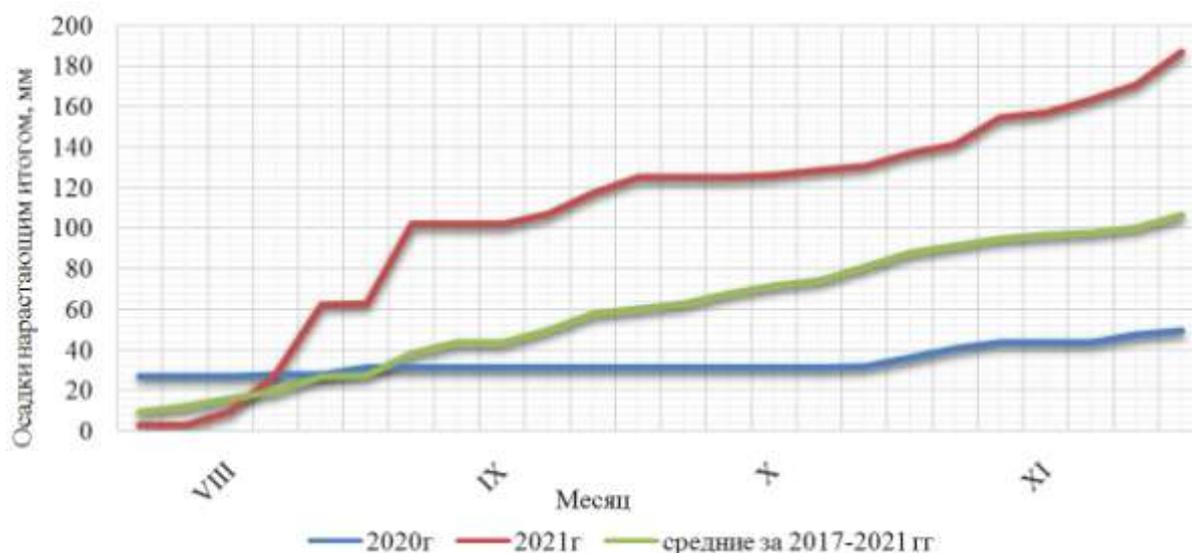


Рисунок 2 – Динамика атмосферного увлажнения осеннего периода вегетации озимой пшеницы в период исследований, 2017-2021 гг.

Эксперимент предполагал уборку на высоком срезе, покрытие поверхности поля соломой и пожнивными остатками, поверхностную обработку почвы дисковыми орудиями (на 5-7 см) с созданием почвенно-соломенного мульчирующего слоя, посев сеялками прямого посева (с анкерными или дисковыми сошниками) нормой 500 всхожих семян/м² с одновременным внесением 100 кг/га комплексных минеральных удобрений (NPK) в физическом весе и раннюю весеннюю подкормку мочевиной (озимая пшеница), в дозе 30 кг/га действующего вещества (рис. 3).



а

б

Рисунок 3 – Состояние поверхности поля после уборки яровой пшеницы мягкой (а, октябрь 2020 г.) и начальное развитие озимой пшеницы осенью 2021 г. (б)

В фазу полного осеннего кущения в среднем за пять лет наблюдений полнота всходов составила 92,8 %, на каждом квадратном метре посева насчитывали от 440 до 460 растений, имеющих по 3-5 полноценных побега кущения.

При размещении озимой пшеницы в четырехпольном зернопаровом севообороте с подсолнечником (пар – озимая пшеница – яровая пшеница мягкая – подсолнечник) результаты оказались ниже. И хотя эксперимент также предполагал уборку озимой и яровой пшеницы на высоком срезе, покрытие поверхности поля их соломой и пожнивными

остатками, аналогичную поверхностную обработку почвы дисковыми орудиями (на 5-7 см) с созданием почвенно-соломенного мульчирующего слоя и аналогичный посев сеялками прямого посева такой же нормой всхожих семян с использованием минеральных удобрений, дружность, полнота всходов и плотность кущения к завершению осенней вегетации уступали первому варианту (рис. 4).



а

б

Рисунок 4 – Состояние поверхности поля после уборки подсолнечника и поверхностной обработки почвы дисковыми орудиями (а, октябрь 2020 г.) и осеннее развитие озимой пшеницы (б, октябрь 2021 г.)

В данном эксперименте полнота всходов составила в среднем 85,8 %. Число растений на каждом квадратном метре посева изменялось от 410 до 430 штук, имеющих до трех-четырех побегов кущения. Самые изреженные и недружные всходы были получены при глубокой осенней обработке отведенного под пар поля яровой пшеницы мягкой (в севообороте с яровой пшеницей твердой) и подсолнечника (в севообороте с подсолнечником), многократной послойно-поверхностной обработке парового поля в течение лета, посеве дисковыми сеялками при аналогичных нормах семян и удобрений. Полнота всходов в среднем за пять лет составила только 60,2-56,8 %. К завершению осенней вегетации на этих полях насчитывали по 280-300 практически не раскутившихся растений. Их всходы очень сильно затягивались, переходили на конец сентября – начало октября и чаще всего приурочивались к выпадению осадков, поскольку влаги в корнеобитаемом слое почвы к моменту посева в большинстве лет было недостаточно для активного старта. В отдельные крайне засушливые годы, такие как 2020 год, когда за период август-октябрь отмечено только 49,1 мм осадков, из которых 27,3 мм (55,6 %) выпало одномоментно в виде ливня 1 августа и 0,8 мм 2 августа, а в последующем до конца ноября не отмечалось ни одного агрономически ценного (не менее 10 мм) дождя, для прорастания семян при таком наборе технологических приемов сложились крайне неблагоприятные условия. Всходов не было получено практически совсем (рис. 1), поскольку перепадавшие с интервалами в 10-53 дня несущественные осадки по 0,4-3,4 мм общим количеством 21,8 мм (рис. 2) существенного повышения влажности почвы не обеспечили.

Представляется целесообразным отметить практикуемое в зоне исследований в годы с достаточной влагообеспеченностью почвы к моменту посева и оптимистичными прогнозами осеннего увлажнения размещение (на небольших площадях) озимой пшеницы по непаровым предшественникам (по яровой пшенице или подсолнечнику), после обработки почвы дисковыми орудиями и врезания в почву семян сеялками с анкерными сошниками ближе к октябрю, когда на полях августовского или сентябрьского посева растения озимой пшеницы находятся уже в фазе кущения (рис. 5).



а



б

Рисунок 5 – Визуализация поверхности поля после разделки растительных остатков подсолнечника и посева озимой пшеницы (а, октябрь 2021 г.) и его состояние весной следующего года (б, май 2022 г.)

Такие посевы, «по припашке», формирующие очень поздние и зачастую недостаточно жизнеспособные всходы, не отличающиеся высокой продуктивностью, подразумеваются, прежде всего, как экономическое подспорье и выступают в роли полупара, обрабатываемого и засеваемого повторно озимой пшеницей уже по традиционной схеме. Широкое распространение таких технологических упрощений сдерживается непредсказуемостью осеннего увлажнения, высокими рисками неполучения всходов и высокой засоренностью посевов, в том числе падалицей подсолнечника, предполагающей дополнительные затраты на гербицидные обработки.

Весеннее состояние агроценозов, оцененное по уровню развития биологической массы посредством нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), подтвердило более высокие перспективы реализации биологического потенциала возделываемых сортов при выращивании озимой пшеницы в севообороте, внедрении влагосберегающих приемов обработки почвы и посева на интенсивных минеральных фонах (рис. 6).

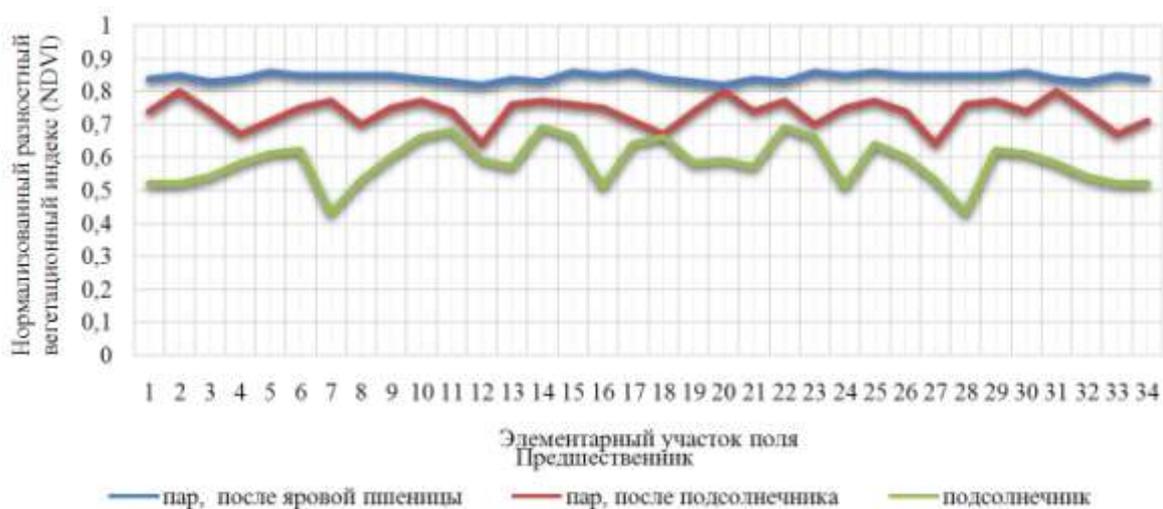


Рисунок 6 – Динамика нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) по элементарным участкам агроценоза озимой пшеницы при различных технологических подходах, средние за 2017-2021 гг.

Урожайные данные подтвердили результаты наших предшествующих исследований, проведенных и в других регионах степной зоны России [5], свидетельствующие, что при значениях NDVI в период максимального развития надземной биомассы (фазы выхода в трубку – колошения) на уровне 0,84-0,86 единиц полнота реализации биологического потенциала возделываемых сортов и биоклиматического потенциала территории может составить 80-90 %. На черноземах южных Волгоградского Прихоперья при использовании высокопродуктивных сортов это может соответствовать урожайности зерна в 5,0-6,0 т/га.

В заключение следует отметить, что мониторинг климатических тенденций в степной зоне России, научное обоснование и реализация адаптивных технологических решений, направленных на стабилизацию зернового производства, приобретает особую значимость в условиях современной разбалансированности мировой экономической системы. Эффективное решение этих задач будет способствовать не только поддержанию продовольственной безопасности населения, но и экологической стабильности уникальных степных экосистем.

Выводы

Зона озимого хлебосяния Волгоградского Прихоперья характеризуется высокой разбалансированностью и нарастающей засушливостью климата, сопровождающейся высокой изменчивостью валовых сборов зерна. В большей степени их величина зависит от площади сохранившихся к уборке продуктивных посевов и их урожайности, тесно связанных с метеорологическими параметрами. Перспективы стабилизации производства зерна и более высокой реализации биологического потенциала возделываемых сортов в сложившихся условиях могут быть связаны с выращиванием озимой пшеницы в севообороте, внедрении влагосберегающих приемов обработки почвы и посева на интенсивных минеральных фонах.

Благодарности

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.

Список литературы

1. ЕМИСС. Государственная статистика. Валовой сбор сельскохозяйственных культур. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 03.06.2022).
2. Толстопятова О.С., Голованова Е.В., Толстопятов С.Н. Зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур Белгородской области от климатических показателей // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 11(21). С. 141-147.
3. Хрипунов А.И., Общия Е.Н., Морозов Н.А. Влияние агрометеорологических условий осеннего периода на начальный рост, развитие и урожайность озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(77). С. 64-67.
4. Гулянов Ю.А. Адаптация приемов возделывания озимой пшеницы к климатическим особенностям // Земледелие. 2004. № 4. С. 28-29.
5. Гулянов Ю.А. Возможности интеллектуальных цифровых технологий в экологизации ландшафтно-адаптивного земледелия степной зоны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4(78). С. 8-11.

6. Крохмаль А.В., Грабовец А.И. Показатели адаптивности сортов озимого тритикале в условиях усиления аридности климата на северо-западе Ростовской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 44-48.
7. 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). pp. 393-398.
8. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions // Environmental Sustainability. 2019. no. 2. pp. 95-96.
9. Powell J.P., Reinhard S. Measuring the effects of extreme weather events on yields // Weather and climate Extremes. 2016. no. 12. pp. 69-79.
10. Поварницына А.В., Савин М.И. Влияние изменения климата на мировое сельское хозяйство // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 84-1. С. 152-167.
11. Специализированные массивы для климатических исследований. [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 05.06.2022).
12. Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 03.06.2022).
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents // Proceedings of the Royal Society of London. 1895. vol. 58. no. 347-352. pp. 240-242.
15. Chaddock R.E. Principles and Methods of Statistics. Houghton Mifflin, 1925. [Электронный ресурс]. URL: https://books.google.ru/books/about/Principles_and_methods_of_statistics.html?id=otVfAAAAIAAJ&redir_esc=y (дата обращения: 15.05.2022).

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 03.06.2022

Принята к публикации 20.06.2022

ADAPTATION OF AGRICULTURAL TECHNOLOGIES TO A CHANGING CLIMATE IN THE CHERNOZEM ZONE OF THE SOUTHERN VOLGOGRAD KHOPER REGION

Yu. Gulyanov

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: orensteppe@mail.ru

The article presents data that testify to the growing aridity of the climate in the winter grain sowing zones of the Volgograd Khoper region, which is expressed in an increase in the sums of active temperatures on the background of a decreasing amount of precipitation. The dynamics of gross grain harvests over the past thirty-two years (1990-2021) have been analyzed, and its high temporal variability has been revealed. The strongest ($r = 0.90$) relationship between gross yields and the area of productive crops preserved for harvesting and their productivity ($r = 0.77$) was revealed, which, in turn, is closely related to meteorological parameters. Direct dependence of the viability of crops on the amount of precipitation, including precipitation of the cold period ($r = 0.54$) and an inverse dependence on the sum of active temperatures, more expressed in the summer (April-June) period ($r = -0.63$), was revealed. Similar data were obtained concerning productivity – an increase in the amount of precipitation was accompanied by its raise ($r = 0.41$), and an increase in active temperature resources was accompanied by a decrease ($r = -0.57$). On the southern chernozems in farms of the Kumylzhensky district, various technological solutions aimed

at leveling the negative impact of increasing aridity on the crop were compared. The state of agrocenoses, assessed by the level of development of biological mass using the normalized difference vegetation index (NDVI), confirmed higher prospects for realizing the biological potential of cultivated varieties under growing winter wheat in crop rotation, introducing moisture-saving methods of tillage, and sowing on intensive mineral backgrounds. Monitoring climate trends in other regions of the steppe zone of Russia, scientific substantiation, and implementation of adaptive technological solutions aimed at stabilizing grain production, is of particular importance in the current imbalance of the world economic system. The effective solution to these problems will contribute not only to maintaining the food security of the population but also to the ecological stability of the unique steppe ecosystems.

Key words: steppe zone, climate imbalance, food security, winter wheat, adaptation of agricultural technologies, Volgograd Prikhopye.

References

1. EMISS. Gosudarstvennaya statistika. Valovoi sbor sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (data obrashcheniya: 03.06.2022).
2. Tolstopyatova O.S., Golovanova E.V., Tolstopyatov S.N. Zavisimost' urozhainosti osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Belgorodskoi oblasti ot klimaticheskikh pokazatelei. Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. N 11(21). S. 141-147.
3. Khripunov A.I., Obshchiya E.N., Morozov N.A. Vliyanie agrometeorologicheskikh uslovii osennogo perioda na nachal'nyi rost, razvitie i urozhainost' ozimoi pshenitsy po razlichnym predshestvennikam v zasushlivoi zone Stavropol'ya. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. N 3(77). S. 64-67.
4. Gulyanov Yu.A. Adaptatsiya priemov vozdeleyvaniya ozimoi pshenitsy k klimaticheskim osobennostyam. Zemledelie. 2004. N 4. S. 28-29.
5. Gulyanov Yu.A. Vozmozhnosti intellektual'nykh tsifrovnykh tekhnologii v ekologizatsii landshaftno-adaptivnogo zemledeliya stepnoi zony. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. N 4(78). S. 8-11.
6. Krokmal' A.V., Grabovets A.I. Pokazateli adaptivnosti sortov ozimogo tritikale v usloviyakh usileniya aridnosti klimata na severo-zapade Rostovskoi oblasti. Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2022. N 3. S. 44-48.
7. 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). pp. 393-398.
8. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. Environmental Sustainability. 2019. no. 2. pp. 95-96.
9. Powell J.P., Reinhard S. Measuring the effects of extreme weather events on yields. Weather and climate Extremes. 2016. no. 12. pp. 69-79.10.
10. Povarnitsyna A.V., Savin M.I. Vliyanie izmeneniya klimata na mirovoe sel'skoe khozyaistvo. Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2022. N 84-1. S. 152-167.
11. Spetsializirovannyye massivy dlya klimaticheskikh issledovaniy. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (data obrashcheniya: 05.06.2022).
12. Pogoda i klimat. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (data obrashcheniya: 03.06.2022).
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
14. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents. Proceedings of the Royal Society of London. 1895. vol. 58. no. 347-352. pp. 240-242.

15. Chaddock R.E. Principles and Methods of Statistics. Houghton Mifflin, 1925. [Elektronnyi resurs]. URL: https://books.google.ru/books/about/Principles_and_methods_of_statistics.html?id=otVfAAAAIAAJ&redir_esc=y (data obrashcheniya: 15.05.2022).

Сведения об авторах:

Юрий Александрович Гулянов

Д.с.-х.н., профессор, в.н.с. отдела степеведения и природопользования, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-5883-349X

Yuriy Gulyanov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Steppe Studies and Nature Management, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Гулянов Ю.А. Адаптация агротехнологий к изменяющемуся климату в зоне черноземов южных Волгоградского Прихоперья // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 47-59. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-47-59.