

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2022. - №3 (114). –Ч.1. - С. 161-176

**АНАЛИЗ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА 2020 И 2021 ГОДОВ В СЕВЕРНОМ  
КАЗАХСТАНЕ: ОСОБЕННОСТИ И МЕРЫ АДАПТАЦИИ  
К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА**

*Ақшалов Канат  
Ашкеевич*

*ТОО «Научно-производственный центр зернового  
хозяйства им. А.И. Бараева»  
п. Шортанды-1, Казахстан  
E-mail:kanatakshalov@mail.ru*

*Байшоланов Сакен Советович  
Кандидат географических наук*

*ТОО «Научно- производственный центр зернового  
хозяйства им. А.И. Бараева»  
п. Шортанды-1, Казахстан  
E-mail:saken\_baisholan@mail.ru*

*Баймуканова Олеся Николаевна*

*ТОО «Научно-производственный центр зернового  
хозяйства им. А.И. Бараева»  
п. Шортанды, Казахстан  
E-mail:olesya.baumukanova@mail.ru*

*Ауесханов Даурен Ауесханулы*

*ТОО «Научно-производственный центр  
зернового хозяйства им. А.И. Бараева»  
п. Шортанды, Казахстан  
E-mail:dauren-16.10@mail.ru*

*Кужинов Марат Багитжанович*

*ТОО «Научно-производственный центр зернового  
хозяйства им. А.И. Бараева»  
п. Шортанды, Казахстан  
E-mail:kuzhinov62@mail.ru*

## **Аннотация**

В статье приводятся результаты анализа агрометеорологических условий в Северном Казахстане в 2020 и 2021 годах: количество жарких дней в течение вегетационного периода сельскохозяйственных культур, количество атмосферных осадков, влагообеспеченность и засушливость вегетационного периода, эффективность различных систем обработки почвы и посева. Анализ результатов дает возможность сравнить эти данные с многолетними данными климатических показателей и их влияние на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур. Увеличение количества жарких дней, усиленный ветровой режим, проявление суховея являются главными агрометеорологическими факторами, наряду с осадками, влагообеспеченностью и засушливостью вегетационного периода, влияющих на уровень продуктивности сельскохозяйственных культур

Погодные условия явились одним из факторов снижения уровня урожайности сельскохозяйственных культур. Выявлена закономерность увеличения количества жарких дней для сельскохозяйственных культур в течение последних 31 лет, когда температура воздуха превышает 32°C. Система прямого посева, минимальная система обработки почвы и посева снижает уязвимость продуктивности яровой пшеницы от погодных условий.

**Ключевые слова:** температура воздуха; количество жарких дней; осадки; теплообеспеченность; влагообеспеченность; засушливость; яровая пшеница; урожайность.

## **Введение**

Изменение погодных условий является самым серьезным вызовом современности. Северный Казахстан находится в засушливой и острозасушливой зоне и сельское хозяйство является самым уязвимым сектором экономики. Основной лимитирующий фактор устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур в этой зоне – недостаток влаги в ответственные фазы роста и развития сельскохозяйственных культур. Недостаток влаги усиливается с проявлением засушливых явлений и увеличением жарких дней в период вегетации сельскохозяйственных культур.

Меры адаптации устойчивых систем земледелия должны

учитывать климатические риски. Одно из направлений к смягчению отрицательного влияния климатических рисков на сельскохозяйственный сектор, в частности на зерновое производство – интенсификация методов устойчивого земледелия по зонам страны. Один из основных факторов интенсификации - повышение коэффициента использования влаги атмосферных осадков на основе совершенствования систем обработки почвы и посева. Для долгосрочной интенсификации производства зерна необходимо выявлять закономерности проявления агрометеорологических факторов, которые влияют на рост,

развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Для большинства ранних яровых сельскохозяйственных культур биологический минимум в среднем равняется  $5^{\circ}\text{C}$ , для поздних яровых культур –  $10^{\circ}\text{C}$ , а для теплолюбивых культур –  $15^{\circ}\text{C}$ . Например, для пшеницы минимальная температура воздуха, необходимая для формирования вегетативных органов равна  $5^{\circ}\text{C}$ , а для формирования генеративных органов –  $12^{\circ}\text{C}$  [1, 2].

Большинство растений лучше развиваются и дают более высокую продукцию при повышенных дневных и пониженных ночных температурах, в определенных оптимальных пределах. Днем они интенсивно ассимилируют и накапливают органические вещества, а ночью при пониженных температурах расход ассимилянтов на дыхание значительно сокращается.

Однако очень высокая температура воздуха в дневные часы перегревает растение и подавляет жизненные процессы. Такую температуру называют «балластной температурой». Чрезмерно высокая температура воздуха может привести к запалу растений в результате чего формируется щуплое зерно. При перегреве растений корни не успевают подавать к листьям необходимое для их охлаждения количество влаги.

В умеренной климатической зоне для сельскохозяйственных культур умеренного тепла (яровые зерновые культуры) требуются различные условия температуры воздуха для роста и развития (днем в тени) [2]:

- $10\text{-}30^{\circ}\text{C}$  – нормальные условия;
- $30\text{-}40^{\circ}\text{C}$  – нарушение поглощения  $\text{CO}_2$  и фотосинтеза;
- выше  $40^{\circ}\text{C}$  – повреждение растений.

Под температурой воздуха принимается температура в тени. Температура воздуха на солнце бывает почти такой же, как и в тени. Но температура предмета, на которую поступают солнечные лучи отличается от температуры воздуха. Листья растений в зависимости от цвета и содержания влаги, а также в результате теплообмена могут нагреваться по-разному.

В среднем, балластной температурой воздуха, т.е. когда высокая температура подавляет жизненные процессы растений, можно считать для сельскохозяйственных культур умеренного тепла – выше  $32^{\circ}\text{C}$ , для теплолюбивых культур – выше  $37^{\circ}\text{C}$ . Соответственно количество жарких дней (КЖД), с температурой выше указанных значений, может быть фактором, влияющим на урожайность сельскохозяйственных культур.

У всех растений имеется критический период по отношению

к влаге. Для зерновых культур особенно важны осадки в определенные фазы развития: это фазы выхода в трубку – колошение. В этот период формируется биомасса, генеративные органы растений. Соответственно, увеличивается потребность влаги на формирование единицы продукции. Недостаток влаги в этот период вызывает максимальное снижение урожая. [1, 2].

### **Материалы и методы**

Для анализа агрометеорологических показателей использованы данные агрометеостанций, расположенных в различных географических точках. В условиях Казахстана основными агрометеорологическими факторами являются показатели режимов теплообеспеченности и влагообеспеченности вегетационного периода.

В качестве показателя режима увлажнения (влагообеспеченности) используются суммы осадков, запасы продуктивной влаги в почве, испаряемость и различные коэффициенты увлажнения. Соответственно сумма осадков за период вегетации яровой пшеницы (июнь-август) является показателем влагообеспеченности.

Также для оценки влагообеспеченности сельскохозяйственных культур широко используются различные коэффициенты увлажнения, которые представляют собой отношение одного или нескольких компонентов водного баланса корнеобитаемого слоя (чаще всего осадков, запасов влаги в почве или суммарного испарения) к испаряемости.

Например, широко используются коэффициенты увлажнения Н.В. Бова и Н.Г. Грибковой, Л.С. Кельчевской, Д.А. Бринкена, С.А. Сапожниковой и Ю.И. Чиркова, показатели влагообеспеченности П.И. Колоскова, Н.Н. Иванова, Д.И. Шашко, М.И. Будыко, А.П. Федосеева, индекс Палмера (Palmer Drought Severity Index, PDSI), стандартизированный индекс осадков (SPI), стандартизированный индекс осадков-эвапотранспирации (SPEI), индекс критического содержания воды в посевах (CWSI), индекс запаса поверхностной влаги (SWSI) и т.д. [1, 2, 3].

В условиях Казахстана для оценки влагообеспеченности сельскохозяйственных культур в период их активной вегетации (июнь–август) подходит коэффициент увлажнения К, предложенный Байшолановым С.С., [4]:

$$K = \frac{0,5\sum R_{11-4} + \sum R_{5-8}}{0,12\sum T_{5-8}} \quad (1.1)$$

здесь:  $\sum R_{11-4}$  – сумма осадков за ноябрь–апрель;

$\sum R_{5-8}$  – сумма осадков за май–август;

$\sum T_{5-8}$  – сумма температур воздуха за май–август.

Здесь сумма осадков за ноябрь–апрель косвенно характеризует запасы влаги в почве на начало мая (период сева культур), а сумма температур воздуха за май–август – испаряемость. Также  $K$ , в определенной степени может характеризовать и общую (атмосферно–почвенную) засуху (таблица 1)

Таблица 1 - Критерии оценки влагообеспеченности вегетационного периода с помощью коэффициента увлажнения  $K$

Таблица 1 - Критерии оценки влагообеспеченности вегетационного периода с помощью коэффициента увлажнения  $K$ .

$K$	Влагообеспеченность
$\geq 1,40$	избыток влаги
1,20 – 1,39	оптимальная и устойчивая влагообеспеченность
1,00 – 1,19	
0,80 – 0,99	достаточная, но не устойчивая влагообеспеченность
0,60 – 0,79	недостаточная влагообеспеченность
0,40 – 0,59	умеренный дефицит влаги
0,20 – 0,39	сильный дефицит влаги
$< 0,20$	сухо

В Казахстане при оценке влагообеспеченности необходимо оценивать и проявление засухи или засушливость вегетационного периода.

Прямым показателем засухи являются запасы продуктивной

влаги в почве (ЗПВ). Снижение влажности пахотного слоя почвы (20 см) до 9 мм и менее, а метрового слоя – менее 60 мм считается началом засухи [2].

На практике для оценки

засухи используются различные расчетные методы. Для разных природных условий имеются разнообразные индексы оценки засухи. Например, в качестве оценки атмосферной засухи можно использовать гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), коэффициенты увлажнения Д.И. Шашко (Md), П.И. Колоскова, А.В. Процерова, Н.Н. Иванова, Л.С. Кельчевской, Д.А. Бринкена, С.А. Сапожниковой и Ю.И. Чиркова, показатель засушливости Д.А. Педя, стандартизированный индекс осадков -эвапотранспирации (SPEI) и т.д. Общую засуху можно оценивать с помощью коэффициентов увлажнения Е.С. Улановой, Н.В. Бова, С.С. Байшоланова, а также

агрометеорологическим коэффициентом увлажнения (АКУ) [1, 2, 3, 4, 5].

В России для ежедекадного мониторинга засухи успешно применяется система комплексной оценки засух и засушливых явлений, разработанная в ФГБУ «ВНИИСХМ» Росгидромета. В данной системе используются 8 показателей, включая ГТК, Md и ЗПВ [5].

Многолетняя практика показала, что в условиях Казахстана для оценки засушливости вегетационного периода наиболее подходящим является гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, рассчитанный за период май–август (ГТК<sub>5-8</sub>) [4, 6]:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum R_{5-8}}{\sum T_{5-8}} \quad (1.14)$$

В таблице 2 приведены коэффициенты засушливости вегетационного периода по ГТК<sub>5-8</sub>. Здесь:  $\sum R_{5-8}$  – сумма осадков за май-август;  $\sum T_{5-8}$  – сумма среднесуточных температур воздуха за май-август.

Таблица 2 - Критерии оценки

ГТК <sub>5-8</sub>	Степень засушливости
≥ 0,80	не засушливо
0,60 – 0,79	слабо засушливо
0,40 – 0,59	умеренно засушливо
< 0,40	сильно засушливо

Надо отметить, что ГТК характеризует только атмосферную засуху (засушливость).

В данном исследовании в качестве первичных материалов были использованы многолетние данные метеорологических станций (МС) РГП «Казгидромет» МЭГИПР РК за период с 1991 по 2021 гг., а также данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан по урожайности яровой пшеницы.

## Результаты

Анализ показывает, что в Северном Казахстане в условиях наблюдаемого потепления климата, все чаще наблюдаются жаркие для яровых культур летние дни в вегетационный период. Результаты анализа количества жарких дней (КЖД) по отдельным населенным

пунктам (НП) Северного Казахстана, когда температура воздуха превышала уровень балластной температуры для сельскохозяйственных культур (умеренного тепла выше 32°C) приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Количество жарких дней в отдельные годы с максимальной температурой воздуха выше 32°C

Населенный пункт	Среднегодовалые показатели (1991-2021 гг.)	2020 г.	2021 г.
Северо-Казахстанская область			
Тайынша	9	16	16
Рузаевка	11	17	23
Костанайская область			
Карабалык	12	26	26
Железнодорожный	16	23	32
Акмолинская область			
Щучинск	4	7	10
Акколь	7	12	17
Атбасар	12	17	28
Жалтыр	13	17	18
Аршалы	11	10	13

Как видно из таблицы 3, в Северном Казахстане в 2020 и 2021 годах количество жарких дней для зерновых культур существенно превышало среднегодовые показатели. Так, в 2020 году

превышение количества жарких дней по сравнению со среднегодовыми показателями в центральной части Северо-Казахстанской области составило 78-109%. В северной половине



Костанайской области превышение количества жарких дней составило 44-117% в 2020 году и 100-109% в 2021 году. В Акмолинской области в 2020 году превышение количества жарких составляло в северной части 3-5 дней и в южной части (Аршалы) – на уровне многолетних показателей, что связано с абсолютно высокими исходными показателями. В западной части области этот показатель составил 4-5 дней. В 2021 году по всем областям северного Казахстана количество жарких дней увеличилось. По северному Казахстану в 2020 году количество жарких дней доходило до 23 дней, а в 2021 году – до 32 дней (таблица3).

Увеличение количества жарких дней в 2021 году оказало существенное влияние на формирование продуктивных органов и на урожайность яровой пшеницы по сравнению с 2020 годом.

Анализ показывает, что в последние десятилетия количество жарких дней увеличивается, что необходимо учитывать при

разработке мероприятий по контролю влияния жары. Анализ данных метеостанции «Карабалык» (север Костанайской области) и метеостанции «Акколь» (центр Акмолинской области) по многолетней динамике количества жарких дней за последние 41 год (1981-2021 гг. показывает, что самым жарким был 1998 год, когда КЖД было максимальным на обеих географических разностях и доходило до 25-30 дней (рисунок 1). Также аномально жаркими были на севере Костанайской области 2004, 2010, 2012, 2020 и 2021 гг., а в центре Акмолинской области – 2012 и 2021 гг.

За лето не было ни одного жаркого дня в Костанайской области в 1992 году, в Акмолинской области – в 1993, 2011, 2016 годах.

Анализ показывает тенденцию роста КЖД. При этом в последнее десятилетие наблюдается значительное колебание КЖД из года в год, и жаркие погодные условия проявляются чаще.

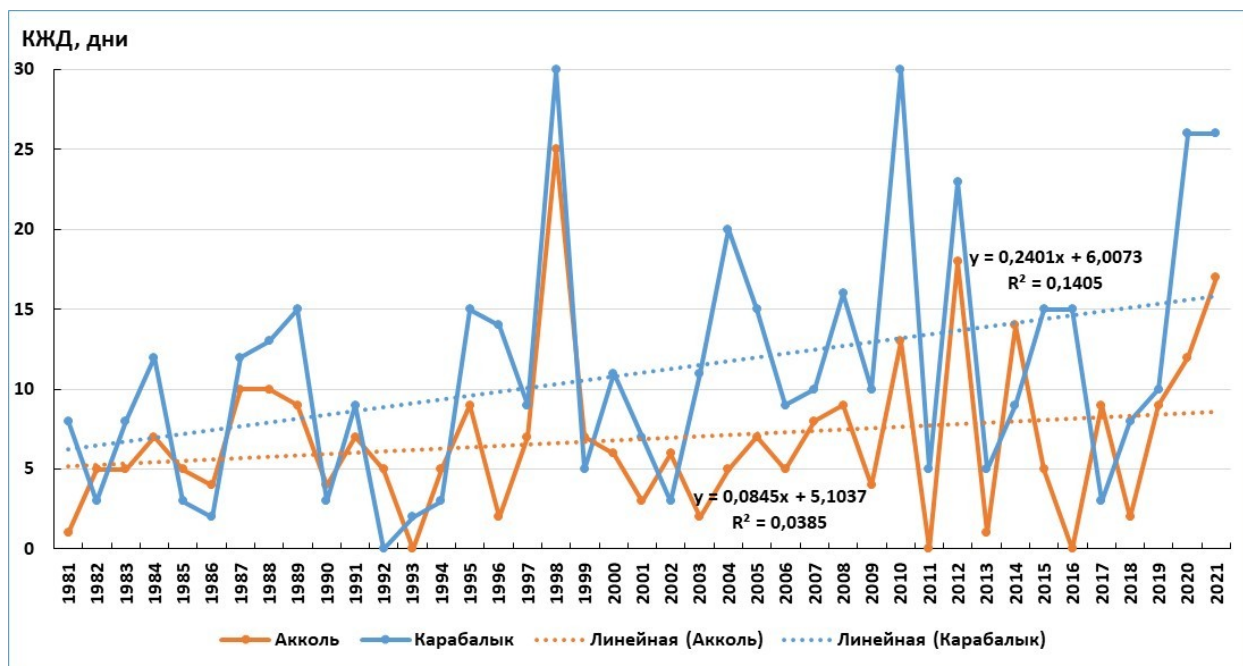


Рисунок 1 – Многолетняя динамика количества жарких дней (КЖД)

В засушливых регионах осадки вегетационного периода оказывают существенное влияние на влагообеспеченность растений. В таблице 4 приведены данные по сумме осадков за год и за май-август месяцы. Среднегодовые показатели (СМП) по осадкам указаны за период 1991-2021 гг. Превышение осадков более 120% от СМП указаны как «выше нормы», на 80-120% - «около нормы» и менее 80% - «ниже нормы».

В 2020 году в Северном Казахстане за год количество осадков составляет около среднегодовых показателей с вариацией по регионам (таблица 4). За вегетационный период (май-август) количество осадков в Северо-Казахстанской и

Павлодарской областях не превышало среднегодовые показатели, в Костанайской области – около нормы, в Акмолинской области – около и ниже нормы.

2021 год, наряду с жаркой погодой, характеризовался неравномерным количеством атмосферных осадков (таблица 4). За вегетационный период (май-август) во всех областях количество атмосферных осадков не превышало среднегодовые показатели, за исключением северо-востока Павлодарской области (выше нормы). Соответственно по количеству осадков 2021 год можно считать неблагоприятным во всех областях, за исключением северо-восточной части Павлодарской области.

Таблица 4 - Суммы атмосферных осадков за год ( $R_{год}$ ) и за май-август месяцы ( $R_{5-8}$ ), мм

Населенный пункт	$R_{год}$			$R_{5-8}$		
	СМП*	2020 г.	2021 г.	Норма	2020 г.	2021 г.
<b>Северо-Казахстанская область</b>						
Булаево	373	333**	282	188	112	102
Явленка	374	305	354	200	133	217
Тайынша	343	242	309	185	91	173
Тимирязево	340	323	330	179	122	68
Кишкенеколь	310	303	246	166	141	109
Рузаевка	357	309	250	170	81	90
<b>Костанайская область</b>						
Пресногорьковка	362	313	320	189	104	172
Карабалык	368	361	221	195	151	75
Сарыколь	336	398	294	168	168	110
Житикара	308	289	234	155	133	66
Железнодорожное	282	284	193	129	134	40
Аралколь	295	307	180	122	190	98
Аркалык	298	317	214	112	131	41
<b>Ақмолинская область</b>						
Щучинск	330	308	294	188	124	134
Ақколь	365	438	319	176	149	78
Есиль	276	281	228	139	137	63
Атбасар	311	328	218	149	66	68
Жалтыр	327	330	339	158	86	117
Шортанды	-	206	270	-	206	118
Аршалы	313	323	292	151	134	81
<b>Павлодарская область</b>						
Михайловка	322	264	373	169	109	234

Ертис	291	289	287	156	111	149
Жолболды	275	255	195	152	90	55
Павлодар	309	273	278	155	89	127
Баянауыл	351	442	325	193	254	137

\*Среднегодовое значение показателя (СМГ)

\*\* синий цвет-выше нормы; зеленый цвет - около нормы; желтый цвет - ниже нормы).

В таблице 5 приведены данные влагообеспеченности вегетационного периода по коэффициенту увлажнения К. Среднегодовые показатели приведены за период 1991-2021 гг. В 2020 году в Северном Казахстане влагообеспеченность вегетационного периода понизилась на 1-2 категории. Наиболее неблагоприятные условия сложились в Павлодарской области.

В 2021 году в Северном Казахстане влагообеспеченность вегетационного периода понизилась на 2-3 категории ниже. Относительно неблагоприятные условия для роста и развития растений сложились в Северо-Казахстанской области, где наблюдалась достаточная и недостаточная влагообеспеченность,

а также умеренный дефицит влаги. В Костанайской области в северной части сложилась недостаточная влагообеспеченность, в центральной и южной частях – умеренный и сильный дефицит влаги. Неблагоприятные условия с умеренным и сильным дефицитом влаги сложились почти на всей территории Акмолинской области. В Павлодарской области на западе сложилась низкая влагообеспеченность, на севере – высокая, на остальной части – средняя.

Анализ показывает, что из двух лет по влагообеспеченности менее благоприятным был 2021 год. Естественно, это отрицательно сказалось на урожайности зерновых культур, особенно в Костанайской и Акмолинской областях.

Таблица 5 - Оценка влагообеспеченности вегетационного периода по коэффициенту увлажнения К

Населенный пункт	СМГ*	2020 г.	2021 г.
Северо-Казахстанская область			

Булаево	1,02**	0,72	0,50
Явленка	1,03	0,70	0,99
Тайынша	0,93	0,53	0,79
Тимирязево	0,91	0,67	0,51
Кишкенеколь	0,85	0,74	0,53
Рузаевка	0,92	0,66	0,52
Костанайская область			
Пресногорьковка	0,98	0,58	0,75
Карабалык	0,98	0,74	0,43
Сарыколь	0,87	0,87	0,62
Житикара	0,79	0,68	0,39
Железнодорожное	0,70	0,72	0,29
Аралколь	0,67	0,82	0,35
Аркалык	0,67	0,71	0,27
Акмолинская область			
Щучинск	1,00	0,79	0,71
Акколь	0,98	0,99	0,58
Есиль	0,70	0,68	0,38
Атбасар	0,81	0,57	0,41
Жалтыр	0,83	0,70	0,67
Шортанды	0,95	0,95	0,51
Аршалы	0,82	0,71	0,53
Павлодарская область			
Михайловка	0,86	0,58	1,04
Ертис	0,75	0,57	0,72
Жолболды	0,70	0,48	0,36
Павлодар	0,77	0,49	0,62
Баянауыл	0,95	1,17	0,68

\*Среднегодовое значение показателя (СМП)

\*\* синий цвет – оптимальная и устойчивая влагообеспеченность; тёмно-зелёный цвет – достаточная, но не устойчивая влагообеспеченность; светло-зелёный цвет – недостаточная влагообеспеченность; коричневый цвет – умеренный дефицит влаги; жёлтый цвет – сильный дефицит влаги.

Для оценки влагообеспеченности вегетационного периода 2020 и 2021 гг. использовали гидротермический коэффициент (ГТК) (таблица 6). Среднегодовое значение приведены за период 1991-2021 гг. Как видно из таблицы 6, в 2020 году во всех областях влагообеспеченность вегетационного периода понизилась на 1-2 категории, а в 2021 году понизилась на 2-3 категории. Вегетационный период 2020 года был более засушливым в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях, где в основном установились умеренно засушливые и сильно засушливые условия. Такие же условия установились на преобладающей территории Костанайской и Акмолинской областей. Как видно из рисунка 2, вегетационный период 2021 года был менее засушливым на крайнем северо-востоке Павлодарской области. На остальной территории северо-востока Павлодарской области, а также в северной и центральной частях Северо-Казахстанской области сложились слабо - засушливые условия. На оставшейся территории Павлодарской области, в юго-западной и юго-восточной частях Северо-Казахстанской области, а также на всей территории Костанайской и Акмолинской областей вегетационный период был умеренно и сильно засушливым.

Таблица 6 - Оценка засушливости вегетационного периода по ГТК<sub>5-8</sub>

Населенный пункт	СМП*	2020 г.	2021 г.
Северо-Казахстанская область			
Булаево	0,91**	0,50	0,44
Явленка	0,94	0,59	0,94
Тайынша	0,86	0,39	0,72
Тимирязево	0,83	0,53	0,30
Кишкенеколь	0,76	0,59	0,46
Рузаевка	0,79	0,36	0,37
Костанайская область			

Пресногорьковка	0,89	0,46	0,71
Карабалык	0,89	0,64	0,40
Сарыколь	0,77	0,72	0,45
Житикара	0,69	0,54	0,25
Железнодорожное	0,58	0,56	0,16
Аралколь	0,52	0,77	0,36
Аркалык	0,49	0,54	0,15
Акмолинская область			
Щучинск	0,95	0,57	0,61
Акколь	0,84	0,67	0,34
Есиль	0,61	0,58	0,25
Атбасар	0,68	0,28	0,28
Жалтыр	0,71	0,36	0,48
Шортанды		0,99	0,51
Аршалы	0,71	0,58	0,35
Павлодарская область			
Михайловка	0,80	0,45	1,02
Ертис	0,70	0,45	0,63
Жолболды	0,68	0,36	0,22
Павлодар	0,69	0,36	0,54
Баянауыл	0,89	1,09	0,59

\*Среднегодулетние показатели (СМП)

\*\* синий цвет-около нормы; зеленый цвет – слабо засушливо; коричневый цвет – умеренная засуха; желтый цвет – сильная засуха).

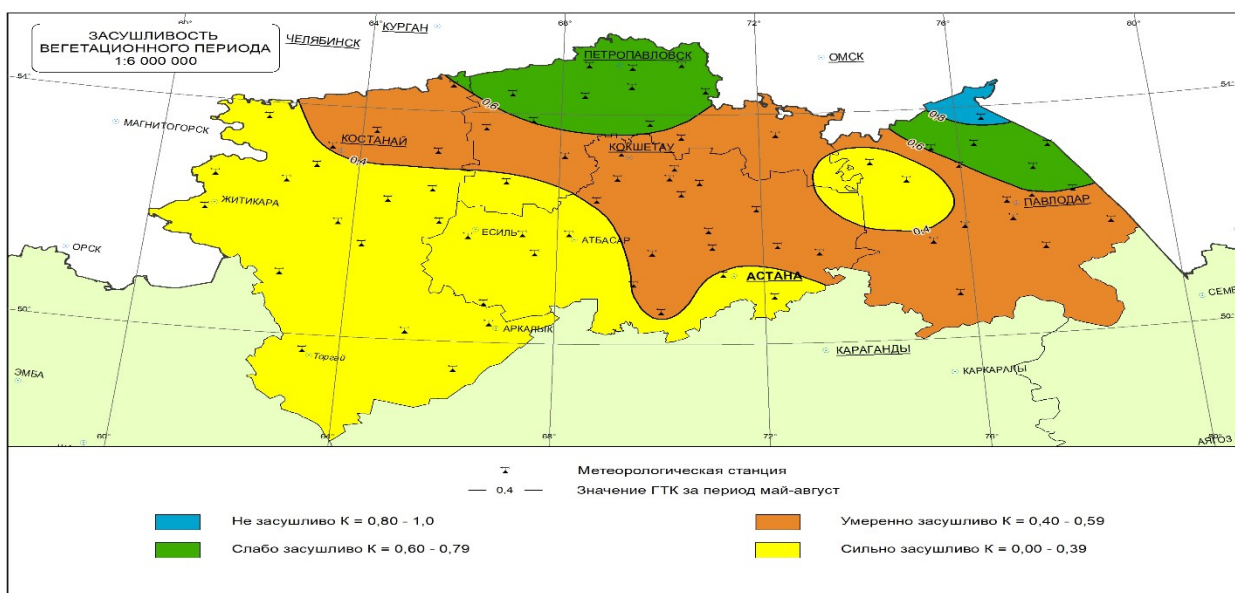


Рисунок 2 – Карта засушливости вегетационного периода 2021 года

Снижение влагообеспеченности, повышение теплообеспеченности, увеличение количества жарких дней привели к снижению уровня урожайности яровой пшеницы в северных областях Казахстана. Наши исследования показывают, что в условиях проявления острых засушливых явлений смягчение отрицательного влияния засухи на урожай культур возможно на основе современных систем обработки почвы и посева.

Прямой посев культур и минимальная система обработки почвы, а также мероприятия по влагонакоплению способствуют улучшению водного режима почв. Анализ содержания почвенной влаги показывает, что при системе прямого посева культур и минимальной системе обработки почвы содержание продуктивной влаги увеличивается соответственно до 94,8 мм и 110,7 мм в метровом слое почвы. Запасы

почвенной влаги при традиционной системе обработки почвы составили 71,4 мм. Снижение на 24,7 % и 35,5 % по сравнению с прямым посевом и минимальной обработкой почвы.

Объемная масса почвы составила 1,11 и 1,14 см<sup>3</sup> при системе No-Till и минимальной системе обработки почвы. Объемная масса почвы при традиционной системе возделывания составила 1,15 см<sup>3</sup>. Можно утверждать, что уменьшение механических обработок почвы не приводит к её переуплотнению.

Эффективность впитывания талых вод при системе прямого посева и минимальной системе обработки почвы составляет 75-86% от запасов воды в снеге. Впитывание талых вод по паровым полям составляет 17,6-24,2%. Паровые поля не превышают стерновые предшественники по накоплению почвенной влаги, хотя эти поля используют влагу 2-х зим.



При наличии в севообороте культур с различной корневой системой и наличии слоя мульчи из растительных остатков и корней в поверхностном слое, а также при наличии снежного покрова, почва меньше промерзает и быстрее оттаивает. Формируется водопрочная комковатая структура, что способствует лучшему впитыванию весенних талых вод. Снижается смыв почвы. Наибольшее количество водопрочных агрегатов ( $\geq 0,25$  мм) содержится после посевов гороха. После многолетнего освоения различных по биологии и корневой системе культур в севообороте, изменяется объёмная масса почвы, особенно в слое почвы 0-15 и 15-25 см. Объёмная масса почвы в слое почвы 0-7,5 см. после посева

пшеницы составляла 1,05 г/см<sup>3</sup>, после различных культур – 1,03 - 1,11 г/см<sup>3</sup> и после парового поля – 0,91 г/см<sup>3</sup>.

В условиях острозасушливых лет лучшее обеспечение растений почвенной влагой, улучшение физических свойств почвы, наличие постоянного защитного покрова из растительных остатков и мульчи, более высокая эффективность применения минеральных удобрений, более эффективная защита посевов от сорных растений, вредителей и болезней позволяют формировать более высокий урожай культур в системах прямого посева и минимальной обработки почвы в плодосменных севооборотах (таблица 7).

Таблица 7 - Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников, систем обработки почвы и посева в острозасушливые годы, ц/га.

Система обработки почвы (А)	Место в севообороте (В)					
	Пшеница после парового поля	Пшеница после гороха	Пшеница после смеси зерновых, бобовых и масличных культур	Пшеница после чечевицы	Бессменный посев пшеницы с 1979 г.	Средние (А)
Традиционная	23,6	19,2	20,4	19,2	18,1	20,1
Минимальная	26,1	25,2	27,4	29,8	24,8	26,7
Прямой посев	27,9	20,6	21,8	25,9	21,9	23,6
Средние (В)	25,9	21,7	23,2	25,0	21,6	23,5

По стерневым яровой пшеницы по системе предшественникам урожайность прямого посева меньше, чем

урожайность яровой пшеницы по минимальной системе обработки почвы. Это связано с условиями снегонакопления и впитывания весенних талых вод. Такая закономерность проявилась впервые и требует анализа (таблица 7).

При прямом посеве и традиционной обработке почвы наиболее высокий урожай

### **Обсуждение**

Потепление климата в северном Казахстане проявляется в виде атмосферной и почвенной засухи, суховеями, снижением уровня влагообеспеченности и жаркой погодой.

В последние годы в Северном Казахстане увеличилось количество жарких дней. Также установлено, что за последние 41 год количество жарких дней имеет тенденцию увеличения. Соответственно количество жарких дней становится важным агрометеорологическим фактором и их необходимо учитывать при оценке агрометеорологических условий, выборе технологических решений и отборе сортов.

В исследуемые годы осадки в вегетационный период выпали меньше нормы, что привело к снижению влагообеспеченности вегетационного периода, особенно в 2021 году.

Зонирование территории Казахстана по коэффициенту увлажнения  $K$  представлено в работах Lopez Fernandez ML, Zhumabayev D, Marco Garcia R, Baigarin K, Lopez Fernandez MS, Baisholanov S. (2020), Байшоланов

пшеницы получен при её размещении по парам.

На фонах минимальной обработки почвы лучший урожай зерна сформировали посеы пшеницы по чечевице. Урожай пшеницы по парам был не выше, чем по большинству других предшественников.

С.С. (2018). [7, 8], а по северным областям Казахстана в работах Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А., (2010)., Байшоланов С.С., Клещенко А.Д., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. (2017)., Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Кужинов М.Б., Чернов Д.А. (2017)., Байшоланов С.С., Клещенко А.Д., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. (2017) [9, 10, 11, 12].

По степени увлажнения вегетационного периода территория Казахстана была разделена на 6 зон: от умеренно увлажненной зоны на севере до сухой зоны на юге. Lopez Fernandez ML, Zhumabayev D, Marco Garcia R, Baigarin K, Lopez Fernandez MS, Baisholanov S. (2020), Байшоланов С.С. 2018. [7, 8].

Климатически в Северо-

Казахстанской области имеются зоны оптимальной и достаточной влагообеспеченности, в Костанайской области – достаточной и недостаточной влагообеспеченности, а также зона умеренного дефицита влаги, в Акмолинской области – зоны

оптимальной, достаточной и недостаточной влагообеспеченности, в Павлодарской области – зоны достаточной и недостаточной влагообеспеченности Байшолоанов С.С. 2018. [8] (рисунок 3).

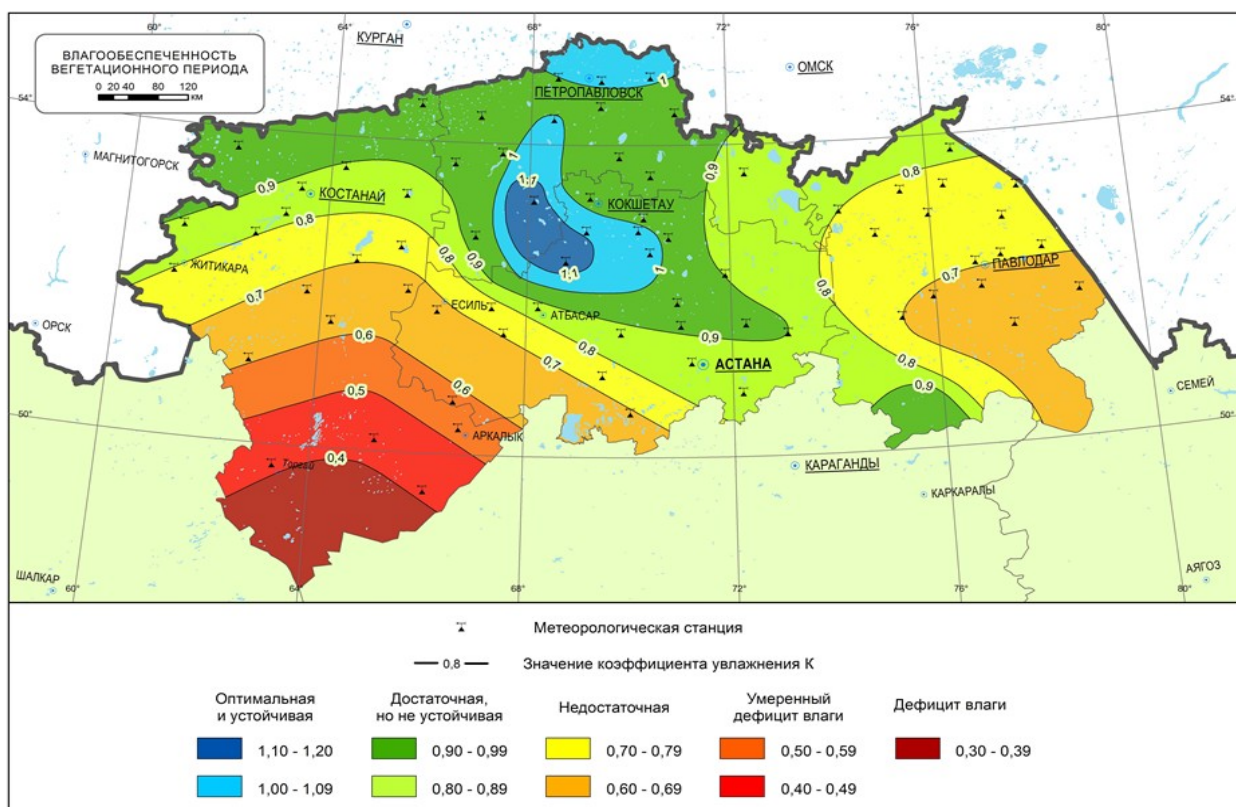


Рисунок 3 - Зонирование территории Северного Казахстана по влагообеспеченности вегетационного периода [8]

В работе [8] также представлено зонирование территории Казахстана по засушливости климата, на основе ГТК, а отдельно северных областей в работах Байшолоанов С.С., Павлова В.Н., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А., 2017., Байшолоанов С.С., Клещенко А.Д., Мусатаева

Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. 2017., Байшолоанов С.С., Павлова В.Н., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Кужинов М.Б., Чернов Д.А. 2017., Байшолоанов С.С., Клещенко А.Д., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. 2017 [9, 10, 11, 12]. По засушливости вегетационного

периода территория республики разделена на 4 зоны: от не засушливой зоны на севере до сильно засушливой зоны на юге.

В 2020 и 2021 годы вегетационный период был более

### **Заключение**

1. Анализ многолетних агрометеорологических наблюдений и данных за 2020 и 2021 гг. показывает, что в условиях Северного Казахстана усиливаются проявления жары, засухи и суховеев. При длительном отсутствии атмосферных осадков, стабилизация продуктивности, смягчение отрицательного действия погодных условий на урожай культур достигается на основе методов интенсификации элементов систем земледелия.

2. В Северном Казахстане количество жарких дней для яровых зерновых культур в 2020 и 2021 годах превышало среднемноголетние значения. Более значительное превышение наблюдалось в 2021 году. За последние 41 год количество жарких дней имеет тенденцию роста. Соответственно оно становится существенным агрометеорологическим фактором.

3. По количеству атмосферных осадков 2020 год был неблагоприятным в Северо-Казахстанской, Акмолинской и Павлодарской областях. 2021 год был неблагоприятным во всех четырех областях северного Казахстана.

4. По влагообеспеченности вегетационный период 2020 года

засушливым, чем обычно и является моделью для разработки мер адаптации к изменению климата. В итоге условия, сложившиеся в эти годы, привели к снижению урожайности яровой пшеницы.

был более благоприятным в Костанайской области, менее благоприятным в Северо-Казахстанской и Акмолинской областях и очень неблагоприятным в Павлодарской области. Вегетационный период этого года был слабо засушливым в Костанайской и Акмолинской областях, умеренно засушливым в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях.

5. По влагообеспеченности вегетационный период 2021 года был относительно неблагоприятным в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях, очень неблагоприятным в Костанайской и Акмолинской областях. Вегетационный период этого года был слабо и умеренно засушливым в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях, а в Костанайской и Акмолинской областях - умеренно и сильно засушливым.

6. В условиях острозасушливого климата в зоне чернозёмных почв при применении систем минимальной обработки почвы и системы прямого посева, проведении влагонакопления, применении азотных и фосфорных удобрений, при дифференцированном контроле болезней, вредителей и сорных

растений урожайность яровой пшеницы по стерневым предшественникам можно поддерживать на уровне 20-30 ц/га.

При традиционной системе возделывания без средств интенсификации урожайность яровой пшеницы формируется на уровне 18-20 ц/га.

7. На южных чернозёмах Акмолинской области система No-Till и минимальная (сокращенная) система обработки почвы повышает эффективность использования влаги на 59,6 и 68,4 % по сравнению традиционной системой обработки почвы.

#### **Информация о финансировании**

Данная научная работа подготовлена к публикации в

рамках реализации программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по Программе «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана». ИРН Программы 0121PK00781.BR10764908

#### **Список литературы**

1 Грингоф И.Г., Клещенко А.Д., Основы сельскохозяйственной метеорологии [Текст]: Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД», - 2011. - Том 1. – 808 с.

2 Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология [Текст]: Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, -1992. – 424 с.

3 Справочник по показателям и индексам засушливости [Текст]: ВМО, – № 173. -2016. – 60 с.

4 Байшоланов С.С., Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана [Текст] / Павлова В.Н., Жакиева А.Р., Чернов Д.А., Габбасова М.С. / Гидрометеорологические исследования и прогнозы. Москва: Труды Гидрометцентра России, - 2018. - № 1(367). -С. 168-184.

5 Страшная А.И., Автоматизированная технология мониторинга и расчета количества декад с почвенной и атмосферно-почвенной засухой под зерновыми культурами [Текст] / Пурина И.Э., Чуб О.В., Задорнова О.И.,

Чекулаева Т.С. / Труды Гидрометцентра России, - 2013. -Вып. 349. – С. 150-160.

6 Байшоланов С.С. О повторяемости засух в зерносеющих областях Казахстана [Текст] / Гидрометеорология и экология. Алматы, РГП «Казгидромет», - 2010. -№3. -С. 27-38.

7 Lopez Fernandez ML, Zhumabayev D, Marco Garcia R, Baigarin K, Lopez Fernandez MS, Baisholanov S. (2020) Assessment of bioclimatic change in Kazakhstan, end 20th—middle 21st centuries, according to the PRECIS prediction [Text]/PLOS ONE 15(10): e0239514. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239514>).

8 Байшоланов С.С. Уязвимость и адаптация сельского хозяйства Республики Казахстан к изменению климата [Текст]: Монография. ПРООН. Астана, -2018. -128 с.

9 Байшоланов С.С., Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области [Текст] / Павлова В.Н., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. / Научно–прикладной справочник. Астана, -2017. -125 с. Электронное издание (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596681>).

10 Байшоланов С.С., Агроклиматические ресурсы Акмолинской области [Текст] : Клещенко А.Д., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. / Научно–прикладной справочник. Астана, -2017. -133с. Электронное издание (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596528>).

11 Байшоланов С.С., Агроклиматические ресурсы Костанайской области [Текст] : Павлова В.Н., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Кужинов М.Б., Чернов Д.А. / Научно–прикладной справочник. Астана, -2017.-139с. Электронное издание (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596544>).

12 Байшоланов С.С., Агроклиматические ресурсы Павлодарской области [Текст] : Клещенко А.Д., Мусатаева Г.Б., Габбасова М.С., Жакиева А.Р., Муканов Е.Н., Акшалов К.А., Чернов Д.А. / Научно–прикладной справочник. Астана, -2017. -127 с. Электронное издание (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596549>).

## References

1 Gringof I.G., Kleshchenko A.D., Osnovy sel'skohozyajstvennoj

meteorologii. Tom 1. Potrebnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v agrometeorologicheskikh usloviyah i opasnye dlya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva pogodnye usloviya [Text] : – Obninsk: FGBU «VNIIGMI–MCD», - 2011. – 808 s.

2 Polevoj A.N. Sel'skohozyajstvennaya meteorologiya [Text]: Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, -1992. – 424 s.

3 Spravochnik po pokazatelyam i indeksam zasushlivosti [Text]: VMO–№ 173. -2016. – 60 s.

4 Bajsholanov S.S., Agroklimaticheskie resursy Severnogo Kazahstana [Text] / Pavlova V.N., ZHakieva A.R., CHernov D.A., Gabbasova M.S. / Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy. Moskva: Trudy Gidrometcentra Rossii, -2018. -№ 1(367). -S. 168-184.

5 Strashnaya A.I., Avtomatizirovannaya tekhnologiya monitoringa i rascheta kolichestva dekad s pochvennoj i atmosferno-pochvennoj zasuhoj pod zernovymi kul'turami [Text] / Purina I.E., CHub O.V., Zadornova O.I., CHekulaeva T.S. / Trudy Gidrometcentra Rossii, -2013. -Vyp.349. – S. 150-160.

6 Bajsholanov S.S. O povtoryaemosti zasuh v zernoseyushchih oblastyah Kazahstana [Text] / Gidrometeorologiya i ekologiya. Almaty. RGP «Kazgidromet», - 2010. - № 3. - S. 27-38.

7 Lopez Fernandez ML, Zhumabayev D, Marco Garcia R, Baigarin K, Lopez Fernandez MS, Baisholanov S. (2020) Assessment of bioclimatic change in Kazakhstan, end 20th—middle 21st centuries, according to the PRECIS prediction [Text]: PLOS ONE 15(10): e0239514. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239514>).

8 Bajsholanov S.S. Uyazvimost' i adaptaciya sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan k izmeneniyu klimata [Text]: Monografiya. PROON. Astana,- 2018. - 128 s.

9 Bajsholanov S.S., Agroklimaticheskie resursy Severo-Kazahstanskoj oblasti [Text] : Pavlova V.N., Musataeva G.B., Gabbasova M.S., ZHakieva A.R., Mukanov E.N., Akshalov K.A., CHernov D.A. / Nauchno–prikladnoj spravochnik. Astana, -2017. - 125 s. Elektronnoe izdanie (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596681>).

10 Bajsholanov S.S., Agroklimaticheskie resursy Akmolinskoj oblasti [Text] : Kleshchenko A.D., Musataeva G.B., Gabbasova M.S., ZHakieva A.R., Mukanov E.N., Akshalov K.A., CHernov D.A. / Nauchno–prikladnoj spravochnik. Astana, -2017. -133 s. Elektronnoe izdanie (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596528>).

11 Bajsholanov S.S., Agroklimaticheskie resursy Kostanajskoj oblasti

[Text] : Pavlova V.N., Musataeva G.B., Gabbasova M.S., ZHakieva A.R., Mukanov E.N., Kuzhinov M.B., Chernov D.A. / Nauchno–prikladnoj spravochnik. Astana, -2017. -139 s. Elektronnoe izdanie (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596544>).

12 Bajsholanov S.S., Agroklimaticheskie resursy Pavlodarskoj oblasti [Text] : Kleshchenko A.D., Musataeva G.B., Gabbasova M.S., ZHakieva A.R., Mukanov E.N., Akshalov K.A., Chernov D.A. / Nauchno–prikladnoj spravochnik. Astana, -2017. -127 s. Elektronnoe izdanie (<http://kazneb.kz/site/catalogue/view?br=1596549>).

**СОЛТУСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ 2020 ЖӘНЕ 2021 ЖЫЛДАРДАҒЫ  
ВЕГЕТАЦИЯЛЫҚ КЕЗЕҢНІҢ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ  
ЖАҒДАЙЛАРЫН ТАЛДАУ: ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ КЛИМАТТЫҢ  
ӨЗГЕРУІНЕ БЕЙІМДЕЛУІ**

*Ақшалов Қанат Ашкеевич*

*"А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы  
ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС  
Шортанды -I кенті, Қазақстан  
E-mail:kanatakshalov@mail.ru*

*Байшоланов Сәкен Советұлы*

*География ғылымдарының кандидаты  
"А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы  
ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС  
Шортанды -I кенті, Қазақстан  
E-mail:saken\_baisholan@mail.ru*

*Баймұқанова Олеся Николаевна*

*"А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы  
ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС  
Шортанды-I кенті, Қазақстан  
E-mail:olesya.baumikanova@mail.ru*

*Әуесханов Дәурен Әуесханұлы*

*"А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы  
ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС  
Шортанды-I кенті, Қазақстан*



*E-mail: dauren-16@mail.ru*

*Құжинов Марат Бағытжанұлы  
"А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы  
ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС  
Шортанды-1 кенті, Қазақстан  
E-mail: kuzhinov62@mail.ru*

## **Түйін**

Мақалада 2020 және 2021 жылдардағы Солтүстік Қазақстандағы агрометеорологиялық жағдайларды талдау нәтижелері келтірілген: ауыл шаруашылығы дақылдарының вегетациялық кезеңі ішіндегі ыстық күндер саны, атмосфералық жауын-шашын мөлшері, вегетациялық кезеңнің ылғалмен қамтамасыз етілуі және қуандығы, топырақты өңдеу мен себудің әртүрлі жүйелерінің тиімділігі. Нәтижелерді талдау бұл деректерді Климаттық көрсеткіштердің көпжылдық деректерімен және олардың дақылдардың өсуіне, дамуына және өнімділігіне әсерін салыстыруға мүмкіндік береді. Ыстық күндер санының көбеюі, жел режимінің күшеюі, құрғақ желдің пайда болуы ауылшаруашылық дақылдарының өнімділік деңгейіне әсер ететін жауын-шашынмен, ылғалмен және вегетациялық кезеңнің құрғақтығымен қатар негізгі агрометеорологиялық факторлар болып табылады

Ауа - райы жағдайлары дақылдардың өнімділігін төмендету факторларының бірі болды. Соңғы 31 жыл ішінде ауа температурасы 32 ° C-тан асқан кезде дақылдар үшін ыстық күндер санының артуының заңдылығы анықталды. Тікелей себу жүйесі, топырақты өңдеудің және егудің минималды жүйесі жаздық бидайдың ауа-райы жағдайынан өнімділігінің осалдығын төмендетеді.

**Кілт сөздер:** ауа температурасы; ыстық күндер саны; жауын-шашын; жылуды қамтамасыз ету; ылғалмен қамтамасыз ету; құрғақшылық; жаздық бидай; өнімділік.

**ANALYSIS OF AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS OF THE  
GROWING SEASON 2020 AND 2021 IN NORTHERN KAZAKHSTAN:  
FEATURES AND MEASURES OF ADAPTATION TO CLIMATE  
CHANGE**

***Akshalov Kanat Ashkeevich***

*"Scientific-Production Center of Grain Farming  
named after A.I. Barayev" LLP  
Shortandy-1 settlement, Kazakhstan  
E-mail:kanatakshalov@mail.ru*

*Saken Sovetovich Baisholanov*

*Candidate of Geographical Sciences  
"Scientific-Production Center of Grain Farming  
named after A.I. Barayev" LLP  
Shortandy-1 settlement, Kazakhstan  
E-mail:saken\_baisholan@mail.ru*

*Baymukanova Olesya Nikolaevna*

*"Scientific-Production Center of Grain Farming  
named after A.I. Barayev" LLP  
Shortandy-1 settlement, Kazakhstan  
E-mail:olesya.baymukanova@mail.ru*

*Aueskhanov Dauren Aueskhanuly*

*"Scientific-Production Center of Grain Farming  
named after A.I. Barayev" LLP  
Shortandy-1 settlement, Kazakhstan  
E-mail:dauren-16.@mail.ru*

*Kuzhinov Marat Bagitzhanovich*

*"Scientific-Production Center of Grain Farming  
named after A.I. Barayev" LLP  
Shortandy-1 settlement, Kazakhstan  
E-mail:kuzhinov62@mail.ru*

## **Abstract**

The article presents the results of the analysis of agrometeorological conditions in Northern Kazakhstan in 2020 and 2021: the number of hot days during the growing season of crops, the amount of precipitation, moisture availability and aridity of the growing season, the effectiveness of various tillage and sowing systems. The analysis of the results makes it possible to compare these data with long-term data of climatic indicators and their impact on the growth,

development and productivity of agricultural crops. An increase in the number of hot days, an increased wind regime, the manifestation of dry winds are the main agrometeorological factors, along with precipitation, moisture availability and aridity of the growing season, affecting the level of productivity of agricultural crops

Weather conditions were one of the factors reducing the level of crop yields. A pattern of increasing the number of hot days for agricultural crops over the past 31 years, when the air temperature exceeds 32 ° C, has been revealed. The system of direct sowing, minimal tillage and sowing system reduces the vulnerability of spring wheat productivity to weather conditions.

**Key words:** air temperature; number of hot days; precipitation; heat supply; moisture supply; aridity; spring wheat; yield.