

ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ
REMOTE SENSING

DOI 10.51885/1561-4212_2024_2_65
MPHTI 37.23.15

А.А. Кусаинова¹, О.В. Мезенцева²

¹Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
г. Караганда, Казахстан.
E-mail: aimarh@mail.ru*

²Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия
E-mail: mezolga@yandex.ru.

**ЕСТЕСТВЕННОЕ УВЛАЖНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ
ЗОН КАЗАХСТАНА В ГОДЫ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ**

**ЖЫЛУ-ЫЛҒАЛМЕН ӘРТҮРЛІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛГЕН ЖЫЛДАРДАҒЫ
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОРМАНДЫ ДАЛА ЖӘНЕ ДАЛА АЙМАҚТАРЫ АУМАҒЫНЫҢ
ТАБИҒИ ЫЛҒАЛДАНУЫ**

**NATURAL MOISTENING OF THE FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONE OF
KAZAKHSTAN IN YEARS WITH DIFFERENT AVAILABILITY OF HEAT AND MOISTURE**

Аннотация. В статье исследовано естественное увлажнение вегетационного периода (май-август) в годы различной обеспеченности теплом и влагой в условиях территории лесостепной и степной зон Северного Казахстана для метеостанций Атбасар и Благовещенка с применением стандартных метеорологических данных о температуре воздуха и суммах атмосферных осадков. На основе метода гидролого-климатических расчетов определены значения элементов теплового и водного баланса за многолетний период (1961-2020 гг.), выявлены периоды засушливых и наиболее увлажненных лет в разрезе десятилетий. На исследуемой территории величины значений водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов испарения и в засушливые, и во влажные годы превышают значения сумм осадков оптимальных условий. При этом высокий дефицит увлажнения в засушливые годы в 1,5-2 раза превышает нормы этого показателя при оптимальных условиях увлажнения с коэффициентом увлажнения на уровне 1,0. Коэффициент увлажнения на всех исследуемых метеостанциях в засушливые годы в 2-3 раза ниже нормы, характеризующей оптимальные условия. На территории степной зоны на метеостанции Атбасар за 60-лет оказалось засушливых лет больше, чем влажных, а в районе лесостепной зоны на метеостанции Благовещенка – влажных лет больше, чем засушливых. Тенденции последнего десятилетия характеризуются одинаковой частотой повторяемости засушливых и влажных лет в степной зоне и чуть большей повторяемостью влажных лет в лесостепной зоне.

Ключевые слова: Северный Казахстан, степная и лесостепная зоны, температура воздуха, количество осадков, увлажнение, тепловлагообеспеченность, засушливые и влажные годы.

Аңдатпа. Мақалада Солтүстік Қазақстанның орманды дала және дала аймақтары жағдайында вегетациялық кезеңнің (мамыр-тамыз) жылумен және ылғалмен әртүрлі қамтамасыз етілген жылдардағы табиғи ылғалдануы зерттелді. Атбасар және Благовещенка метеостанцияларында алынған ауа температурасы мен жауын-шашын мөлшері секілді стандартты метеорологиялық деректерді қолдану арқылы, гидрологиялық-климаттық есептеу әдісі негізінде көп жылдық кезеңдегі (1961-2020 жж.) жылу және су балансы элементтерінің мәндері анықталды, сонымен қатар ондаған жылдар бөлінісінде құрғақ және ылғалды жылдар кезеңдері анықталды. Зерттелген аумақта буланудың жылу энергетикалық ресурстарының су эквивалентті мәндерінің шамалары құрғақ және ылғалды жылдары жауын-шашын сомасының оңтайлы жағдайлардағы мәндерінен асып түседі. Сонымен қатар, құрғақ жылдары ылғалдың жоғары тапшылығы ылғалдану коэффициенті 1,0 деңгейіндегі оңтайлы ылғалдану жағдайындағы көрсеткіштің нормасынан 1,5...2 есе артық. Құрғақ жылдары барлық зерттелетін метеостанциялардағы ылғалдану коэффициенті оңтайлы жағдайларды сипаттайтын нормадан 2-3 есе төмен. Дала

аймағында, Атбасар метеостанциясында 60 жыл ішінде ылғалды жылдарға қарағанда құрғақ жылдар көп болды, ал орманды дала аймағында Благовещенка метеостанциясында құрғақ жылдарға қарағанда ылғалды жылдар көп болды. Соңғы онжылдықтағы тенденциялар дала аймағында құрғақ және ылғалды жылдардың бірдей қайталану жиілігімен және орманды дала аймағында ылғалды жылдардың көбірек қайталануымен сипатталады.

Түйін сөздер: Солтүстік Қазақстан, дала және орманды дала аймақтары, ауа температурасы, жауын-шашын мөлшері, ылғалдану, жылу-ылғалмен қамтамасыз ету, құрғақ және ылғалды жылдар.

Abstract. The article investigates the natural humidification of the growing season (May-August) during the years of different availability of heat and moisture in the conditions of the forest-steppe and steppe zones of Northern Kazakhstan for the Atbasar and Blagoveshchenka weather stations using standard meteorological data on air temperature and precipitation amounts. Based on the method of hydrological and climatic calculations, the values of the elements of the thermal and water balance for a long-term period (1961-2020) were determined, the periods of the driest and most humid years in the context of decades were revealed. In the study area, the values of the water equivalent of heat and energy resources of evaporation in both dry and wet years exceed the values of precipitation amounts of optimal conditions. At the same time, the high moisture deficit in dry years is 1.5-2 times higher than the norm of this indicator under optimal humidification conditions with a humidification coefficient of 1.0. The humidification coefficient at all studied weather stations in dry years is 2-3 times lower than the norm characterizing optimal conditions. On the territory of the steppe zone, at the Atbasar weather station for 60 years there were more dry years than wet ones, and in the area of the forest-steppe zone at the Blagoveshchenka weather station there were more wet years than dry ones. The trends of the last decade are characterized by the same frequency of repetition of dry and wet years in the steppe zone and slightly greater frequency of wet years in the forest-steppe zone.

Keywords: Northern Kazakhstan, steppe and forest-steppe zones, air temperature, precipitation, humidification, heat and moisture availability, dry and wet years.

Введение. В засушливых условиях южной лесостепной и степной природных зон Северного Казахстана важное значение приобретает обеспеченность периода вегетации (май-август) влагой и теплом для прорастания семян, фаз вегетации растений и дальнейшего получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур. В этой связи, исследование естественной тепловлагообеспеченности территории является актуальным. Агроклиматические условия, такие как температура воздуха, количество осадков и дефицит (или избыток) увлажнения теплого периода, являются первостепенными факторами, определяющими урожайность зерновых культур.

Территория Северного Казахстана в целом характеризуется недостаточностью увлажнения в вегетационный период, обусловленной возрастанием теплоэнергетических ресурсов и уменьшением сумм атмосферных осадков относительно снижения географической широты местности (в сторону к субтропическому поясу). Вместе с тем, на территории иногда отмечаются и влажные годы с редкой повторяемостью [1, 2]. В.С. Мезенцев в своих исследованиях природную зону степей охарактеризовал как «зону весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности», так как значения средней влажности почвы теплого периода составляли 0,40...0,65 ее наименьшей влагоемкости, означающие влагообеспеченность «от нижнего критерия оптимума увлажнения до устойчивого коэффициента завядания» [3, 4].

Материалы и методы. Методологическую основу данного исследования составили анализ, сравнение и обобщение стандартной метеорологической информации с использованием подходов и метода гидролого-климатических расчётов (ГКР), предложенного В.С. Мезенцевым [3, 4]. Для проведения исследования использованы официальные источники метеорологической информации [5, 6], научные результаты ученых, занимающихся исследованиями в данной области. Эмпирическую базу настоящего исследования составили данные метеорологических станций Атбасар и Благовещенка, расположенных на территории Северного Казахстана.

Для определения закономерностей пространственного распределения естественной тепловлагообеспеченности на исследуемой территории рассмотрены данные об осадках и температурах вегетационного периода за конкретные характерные годы с недостаточным и избыточным увлажнением. Метеостанции, расположенные в лесостепной и степной зонах, позволяют выполнить сравнение с учетом широтной зональности (рис. 1). Воднобалансовые расчеты для вегетационного периода выполнены для интервала с 1961 по 2020 гг. продолжительностью 60 лет, когда наблюдались как маловодные, так и многоводные годы.

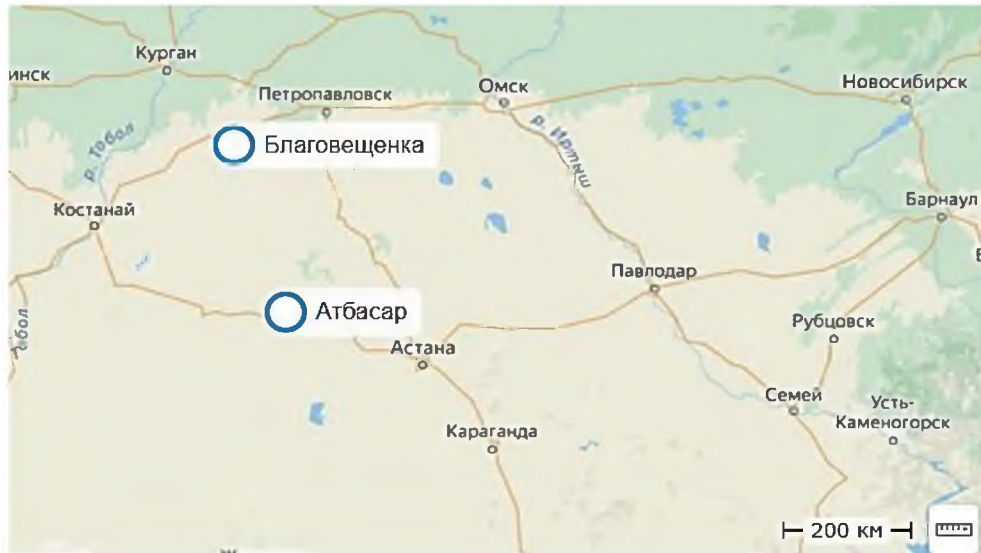


Рисунок 1. Месторасположение метеостанций исследуемой территории

Увлажненность территории определяется круговоротом воды между поверхностью земли и атмосферой, совершаемым из-за непрерывного тепловлагообмена между деятельным слоем подстилающей поверхности и приземным слоем воздуха. При этом урожайность выращиваемых культур обусловлена главным образом соотношением ресурсов тепла и влаги (естественной тепловлагообеспеченностью территории) [7-10]. В ходе расчетов использованы данные о среднемесячных температурах воздуха выше 0 °С вегетационного периода (май-август) и соответствующие им ежемесячные суммы атмосферных осадков.

Согласно методу гидролого-климатических расчётов (ГКР) В.С. Мезенцева [3, 4], в случае неравенства атмосферного увлажнения оптимальному значению, получаемому с помощью водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов испарения, их разность выражает величину дефицита влаги. Для определения водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов (Z_m) использовались формулы, предложенные И.В. Карнацевичем [3], по которым расчёт годовой величины данной характеристики производится в зависимости от суммы среднемесячных положительных температур воздуха и затем распределяется по месяцам пропорционально месячным значениям дефицита влажности воздуха:

$$Z_m = \frac{T_z}{L}, \quad (1)$$

$$T_z = 17,6 \sum t + 400, \quad (2)$$

где: Z_m – максимально возможное испарение (водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов испарения), мм/год; T_z – теплоэнергетические ресурсы суммарного испарения, МДж/(м²·год); L – удельная теплота парообразования, $L = 2,512$ МДж/(м²·мм); $\sum t$ – сумма положительных среднемесячных температур вегетационного периода.

Система уравнений метода ГКР представляет собой наиболее общую и универсальную, с точки зрения использования для необходимого расчетного периода, математическую модель процессов преобразования влаги на уровне деятельной поверхности водосборов любой территории. Показатель дефицита увлажнения территории (ΔKX) рассчитывается как разность между величинами атмосферных осадков (KX) и водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов (Z_m):

$$\Delta KX = KX - Z_m, \quad (3)$$

где KX – атмосферное увлажнение (атмосферные осадки, исправленные поправочным коэффициентом на недоучет измерительного прибора осадков), мм.

Структура соотношений между ресурсами тепла и ресурсами влаги определяет уровень увлажнения (естественного или антропогенного), поэтому показателем увлажнения (β_{KX}) территории за любой внутригодовой промежуток среднего года является отношение:

$$\beta_{KX} = \frac{KX}{Z_m}. \quad (4)$$

Единичное значение коэффициента увлажнения (влажности почвы в долях наименьшей влагоемкости) и нулевое значение дефицита увлажнения на территории определяет пространственный рубеж оптимального соотношения тепла и влаги. Данный рубеж считается верхним пределом оптимального увлажнения для большинства сельскохозяйственных культур. Нижний предел условий оптимальности увлажнения β_{KX} , например, для вегетации пшеницы составляет 0,6...0,7 и влажность деятельного слоя почвы на уровне около 65 % от ее наименьшей влагоемкости [11-13].

С единичной изолинией коэффициента увлажнения, как правило, связывают границу, которая разделяет области увлажнения, в одной из которых из-за избытка осадков происходит перерасход тепла на процессы суммарного испарения, в другой – из-за недостатка влаги возникает повышенный турбулентный теплообмен подстилающей поверхности и атмосферы, а также наблюдается перегрев и иссушение почвенного покрова. Нулевая изолиния дефицита увлажнения разделяет территорию на области, где требуются осушительные или оросительные мелиоративные работы. Величина и знак значений дефицита увлажнения определяют для этих областей масштабы избытков и недостатков увлажнения и объемы необходимых мелиоративных воздействий.

В работах О.В. Мезенцевой определены значения элементов тепло- и воднобалансовых характеристик естественной тепловлагообеспеченности вегетационного периода для территории юга Западной Сибири, соответствующие оптимальным гидролого-климатическим условиям для развития аграрного природопользования. Согласно им, в зоне с оптимальными условиями для аграрного природопользования сумма атмосферных осадков (KX) за вегетационный период среднего многолетнего года варьирует в пределах 250...350 мм, водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов испарения (Z_m) находится в интервале значений 480...550 мм, дефицит атмосферного увлажнения (ΔKX) отрицателен и находится в пределах 0...-300 мм, коэффициент увлажнения (β_{KX}) 1,0...0,60 [11,12]. Поскольку территория Северного Казахстана захватывает лесостепную и степную зоны на южной границе Западно-Сибирской равнины, данные нормы применимы к исследуемой территории.

В проведенном исследовании для метеостанций Атбасар и Благовещенка выявлены годы, в вегетационном периоде (май-август) которых имелись отклонения от приведенных величин тепловлагообеспеченности в сторону сухости или большего увлажнения.

На исследуемой территории за период с 1961 по 2020 гг. (60 лет) выявлены годы, где в вегетационном периоде (май-август) имелись недостаточная обеспеченность осадками и обеспеченность осадками выше оптимальных значений. В состав засушливых отнесены годы, в которых обеспеченность осадками вегетационного периода ниже 80 % от многолетней нормы, к влажным годам отнесены годы с обеспеченностью осадками выше 120 % от многолетней нормы. В засушливые годы дефицит увлажнения составляет более чем -300 мм, коэффициент увлажнения ниже 0,30 [13-15].

Исходными материалами для исследования послужили данные стандартных метеорологических наблюдений вегетационного периода (май-август), полученные на метеостанциях Атбасар и Благовещенка: средняя температура воздуха (выше 0 °С) и количество осадков за многолетний период 1961-2020 гг. [5,6]. Для выявления повторяемости засушливых и влажных лет весь исследуемый интервал времени разделен на периоды с продолжительностью по 10 лет.

Результаты. Анализ данных на метеостанции Атбасар показал, что при норме осадков за вегетационный период 149 мм за рассматриваемый интервал времени обеспеченность осадками ниже 80 % от нормы выявлена в 1961, 1965, 1968, 1971, 1975, 1976, 1978, 1984, 1986, 1997, 1998, 2000, 2004, 2007, 2010, 2016, 2019, 2020 гг., тогда как избыточная обеспеченность осадками (выше 120 % от нормы) выявлена в 1962, 1963, 1964, 1967, 1969, 1990, 1992, 1993, 1999, 2001, 2003, 2005, 2013, 2015, 2018 гг. (табл. 1, столбцы слева). Самый значительный дефицит увлажнения (-608 мм) был отмечен в 2010 году, наименьший наблюдался в 1969 году (-271 мм). Коэффициент увлажнения вегетационного периода варьировал в интервале 0,06...0,21 в годы с недостаточной обеспеченностью осадками, и в интервале 0,30...0,50 – в годы с обеспеченностью осадками выше нормы. На данной метеостанции за 60-летний период количество засушливых лет составило 18, а влажных – 15 лет. В последнее расчетное десятилетие (2011-2020 гг.) отмечается одинаковая частота повторяемости засушливых и влажных лет.

Таблица 1. Результаты расчетов тепло-воднобалансовых характеристик вегетационного периода по метеостанциям Атбасар и Благовещенка за 1961-2020 гг.

	Годы	КХ, мм	Z _т , мм	ΔКХ, мм	β _{кх} (доли ед.)	Годы	КХ, мм	Z _т , мм	ΔКХ, мм	β _{кх} (доли ед.)
Атбасар						Благовещенка				
1961-1970										
Засушливые годы	1961	116	579	-463	0,2	1965	93	597	-504	0,16
	1965	87	608	-521	0,14					
	1968	50	580	-530	0,09					
Влажные годы	1962	186	620	-434	0,3	1964	328	525	-197	0,62
	1963	180	569	-389	0,32	1967	234	602	-368	0,39
	1964	223	497	-274	0,45	1969	304	513	-209	0,59
	1967	197	612	-415	0,32	1970	242	550	-308	0,44
	1969	264	535	-271	0,49					

Окончание табл. 1

	Годы	КХ, мм	Z _м , мм	ΔКХ, мм	β _{кх} (доли ед.)	Годы	КХ, мм	Z _м , мм	ΔКХ, мм	β _{кх} (доли ед.)					
Атбасар						Благовещенка									
1971-1980															
Засушливые годы	1971	117	581	-464	0,20	1971	139	566	-427	0,25					
	1975	112	616	-504	0,18										
	1976	67	547	-480	0,12										
	1978	122	584	-462	0,21										
Влажные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1981-1990															
Засушливые годы	1984	99	578	-479	0,17	1981	106	611	-505	0,17					
	1986	119	558	-439	0,21										
											1984	127	559	-432	0,23
											1988	134	589	-482	0,22
Влажные годы	-	-	-	-	-	1985	250	532	-282	0,47					
											1986	227	528	-301	0,43
1991-2000															
Засушливые годы	1997	86	662	-576	0,13	1991	69	657	-588	0,11					
	1998	84	630	-546	0,13										
	2000	111	584	-473	0,19										
Влажные годы	1990	232	594	-362	0,39	1993	256	542	-286	0,47					
	1992	190	539	-349	0,35										
	1993	245	545	-300	0,45										
	1999	237	608	-371	0,39										
2001-2010															
Засушливые годы	2004	81	645	-564	0,13	2006	108	588	-480	0,18					
	2007	122	625	-503	0,20										
	2010	40	648	-608	0,06										
Влажные годы	2001	216	603	-387	0,36	2001	231	575	-344	0,4					
	2003	200	587	-387	0,34										
	2005	235	612	-377	0,38										
											2005	269	603	-334	0,45
					2008	232	602	-370	0,39						
2011-2020															
Засушливые годы	2016	102	598	-496	0,17	2017	130	572	-442	0,23					
	2019	107	610	-503	0,18										
	2020	69	653	-584	0,11										
Влажные годы	2013	292	585	-293	0,50	2011	255	594	-339	0,43					
	2015	232	584	-352	0,40										
	2018	211	571	-360	0,37										
											2016	263	605	-342	0,43
					2018	296	554	-258	0,53						

При норме осадков за вегетационный период 182 мм анализ данных на метеостанции Благовещенка показал, что за рассматриваемый интервал времени обеспеченность осадками ниже 80 % от нормы выявлена в 1965, 1971, 1975, 1981, 1984, 1988, 1989, 1991, 1995, 1998, 2006, 2010, 2017 гг., тогда как избыточная обеспеченность осадками (выше 120 % от нормы) выявлена в 1964, 1967, 1969, 1970, 1985, 1986, 1993, 1994, 2001, 2002, 2005, 2008, 2011, 2013, 2016, 2018 гг. (табл. 1, столбцы справа). Самый значительный дефицит увлажнения (-588 мм) был отмечен в 1991 году, наименьший – в 1969 году (-209 мм). Коэффициент увлажнения 0,11...0,25 соответствовал годам с недостаточной обеспеченностью осадками, 0,39...0,62 – годам с обеспеченностью осадками выше нормы. На данной метеостанции за 60-летний период количество засушливых лет составило 13, влажных – 16 лет. В последнее десятилетие расчетного периода (2011-2020 гг.) отмечается один засушливый год и 4 влажных года.

На рис. 2 показаны выделенные из многолетнего ряда значения $\beta_{\text{жк}}$ в годы с недостаточной обеспеченностью осадками. При этом наглядно видна высокая изменчивость его значений от ...0,06 в 2010 году до ...0,21 в 1978 и 1986 годы в Атбасаре и от ...0,11 в 1991 году и до ...0,25 в 1971 году в Благовещенке.

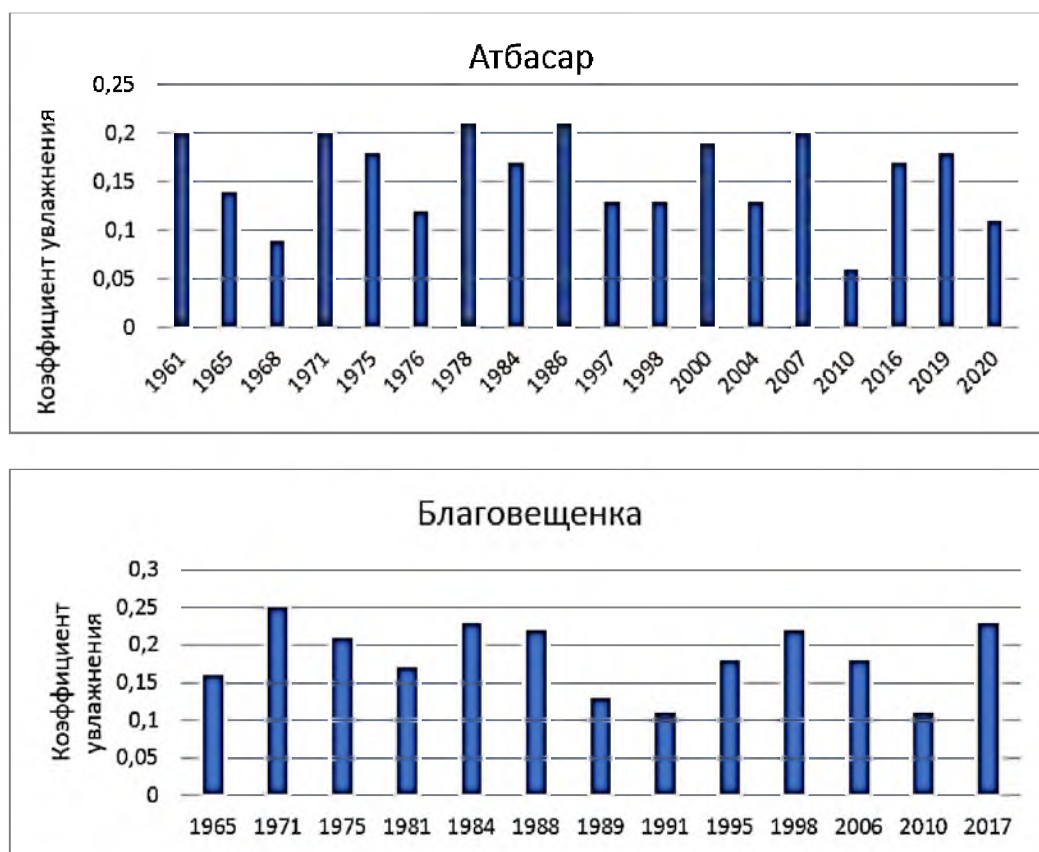


Рисунок 2. Значения коэффициента увлажнения ($\beta_{\text{жк}}$) засушливых лет в многолетнем ряду

Поскольку метеостанция Атбасар расположен в степной зоне с весьма недостаточным увлажнением и избыточной теплообеспеченностью, то по сравнению с Благовещенкой, расположенной в лесостепной зоне, коэффициент увлажнения составляет более низкие значения, а количество засушливых лет за многолетний период на пять лет больше.

Заключение. Таким образом, исходя из проведенных расчётов и проанализированных данных за 1961-2020 годы, можно сделать следующие выводы:

1. В степной зоне на территории метеостанции Атбасар количество сильно засушливых лет за второе десятилетие (1971-1980 гг.) составляет 4 года, в других десятилетиях – по 3 года. Количество влажных лет колеблется от 3 до 5 лет. Самым многоводным десятилетием оказалось первое десятилетие (1961-1970 гг.). На протяжении двух десятилетий (1971-1990 гг.) отсутствовали годы с обеспеченностью осадками выше нормы. В последние два десятилетия отмечается по три многоводных года. Тенденции последнего десятилетия характеризуются одинаковой частотой повторяемости засушливых и влажных лет.

2. В лесостепной зоне на территории метеостанции Благовещенка количество сильно засушливых лет за третье десятилетие (1981-1990 гг.) составляет 4 года, а в других десятилетиях выявлено их разное количество - от одного до трёх засушливых лет. В последнее десятилетие (2011-2020 гг.) отмечается всего один засушливый год. Частота повторяемости количество влажных лет колеблется от двух до четырех лет в одном десятилетии. Стоит отметить, что во втором десятилетии отсутствовали годы с обеспеченностью осадками выше нормы. В последние два десятилетия отмечается по четыре многоводных года. Тенденции последнего десятилетия характеризуются частой повторяемости влажных лет в лесостепной зоне.

3. Анализ расчетов значений тепло- и воднобалансовых характеристик вегетационного периода в засушливые и влажные годы свидетельствуют о том, что все показатели естественной тепловлагообеспеченности находятся ниже нормы оптимальных гидролого-климатических условий. Значения водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов испарения за вегетационный период засушливых и влажных лет составили 513...662 мм, что превышает значения оптимальных условий. Определен высокий уровень дефицита увлажнения в засушливые годы -427...-608 мм, который оказался 1,5-2 раза выше нормы оптимальных условий. Коэффициент увлажнения на всех исследуемых метеостанциях в засушливые годы находился на отметке 0,06...0,25, что в 2-3 раза ниже нормы, характеризующей оптимальные условия.

Выполненные расчеты тепловлагообеспеченности показывают наличие большого дефицита влаги на исследуемой территории, следовательно, главным условием получения высокого и устойчивого урожая сельскохозяйственных культур является искусственное увлажнение корнеобитаемого слоя почвы при наличии подходящих для этого водных источников и удержание влаги в почве при осенне-зимне-весенней обработке почвы. Выявленные тенденции изменчивости испарения и увлажнения необходимо учитывать в ведении сельскохозяйственного производства, а также при выполнении климатозависимых хозяйственных работ.

Список литературы

1. Kusainova A.A. Spatial distribution of moisture deficit on the territory of the south of Western Siberia and Northern Kazakhstan / A.A. Kusainova, O.V. Mezentseva, Zh.A. Tusupbekov, N.P. Volkovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 42078. – DOI 10.1088/1755-1315/677/4/042078.
2. Кусаинова А.А. Изменение количества осадков за теплый период в северном Казахстане / А.А. Кусаинова, Н.П. Мукаметжан, О.В. Мезенцева // Природопользование и охрана природы: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, 11 апреля 2019 г. – Томск: ООО «Парус», 2019. – С. 68-70.

3. Карнацевич И.В., Хрущев С.А. Компьютерная система массовых расчетов текущих водных балансов речных водосборов неизученных областей суши: монография. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2014. – 176 с.
4. Карнацевич И.В. Расчеты местного элементарного стока по метеорологическим данным с суточной детальностью / И. В. Карнацевич, О. В. Мезенцева, Н. П. Волковская // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 1. – С. 88-93.
5. Официальный сайт метеорологической информации ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». – Обнинск, 2023. [Электронный ресурс]. – URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 20.09.2023).
6. Официальный сайт метеорологической информации «Казгидромет» [Электронный ресурс] / Республиканское Государственное Предприятие «Казгидромет». Электрон. дан. Астана, 2023. – URL: <http://www.kazhydromet.kz> (дата обращения 20.09.2023)
7. Попова Н.Б. Оценка эколого-географических параметров ландшафтных провинций Западно-Сибирского севера / Н.Б. Попова, Н.Л. Ряполова // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2017. – Т. 22. – №. 3. – С. 228-239.
8. Ряполова Н.Л. Условия формирования ресурсов тепла и влаги как основы функционирования и устойчивости природных систем Западно-Сибирского севера // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22. – №. 2. – С. 271-281.
9. Паромов В.В. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986-2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021-2030 гг / В.В. Паромов, В.А. Земцов, С.Г. Копысов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328, № 1. – С. 62-74.
10. Копысов С.Г. Гидролого-климатические аспекты геоэкологических проблем Сибири / С.Г. Копысов // Динамика и взаимодействие геосфер земли: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле. В 3-х томах, Томск, 08–12 ноября 2021 года. Том II. – Томск: Томский центр научно-технической информации, 2021. – С. 49-52.
11. Мезенцева О.В. Главные гидрологические рубежи и полоса оптимального увлажнения Евразии // Вестник ТюмГУ. – 2009. – № 3. – С. 16–26.
12. Мезенцева О.В. Использование метеорологической информации для количественной оценки местных водных ресурсов малоизученных территорий // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-12. – С. 2690-2694.
13. Тусупбеков Ж. А. Режимы почвенной влаги и дефициты увлажнения территории Северного Казахстана / Ж. А. Тусупбеков, Н. Л. Ряполова // Актуальные проблемы природообустройства, водопользования, агрохимии, почвоведения и экологии. Омск, 18 апреля 2019 г. – Омск, 2019. – С. 67–73.
14. Ряполова Н.Л. Гидролого-климатические ресурсы увлажнения регионов для защиты от затопления и подтопления / Н.Л. Ряполова, Ж.А. Тусупбеков // Геология, география и глобальная энергия. – 2021. – № 1(80). – С. 102-108.
15. Белоненко Г.В. Гидролого-климатические условия формирования и режима стока рек Западной Сибири / Г.В. Белоненко, Ж.А. Тусупбеков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 4. – С. 94-97.

References

1. Kusainova A.A. Spatial distribution of moisture deficit on the territory of the south of Western Siberia and Northern Kazakhstan / A.A. Kusainova, O.V. Mezentseva, Zh. A. Tusupbekov, N.P. Volkovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 noyabrya 2020 goda / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 42078. – DOI 10.1088/1755-1315/677/4/042078.
2. Kusainova, A.A. Izmenenie kolichestva osadkov za teplyj period v severnom Kazahstane / A.A. Kusainova, N.R. Mukametzhan, O.V. Mezenceva // Prirodopol'zovanie i ohrana prirody:

- Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Tomsk, 11 aprelya 2019 goda. – Tomsk: OOO «Parus», 2019. – S. 68-70.
3. Karnacevich I.V., Hrushchev S.A. Komp'yuternaya sistema massovyh raschetov tekushchih vodnyh balansov rechnyh vodosborov neizuchennyh oblastej sush'i: monografiya. – Omsk: Izd-vo OmGPU, 2014. – 176 s.
 4. Karnacevich, I. V. Raschety mestnogo elementarnogo stoka po meteorologicheskim dannym s sutochnoj detal'nost'yu / I.V. Karnacevich, O.V. Mezenceva, N.P. Volkovskaya // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2019. – № 1. – S. 88-93.
 5. Oficial'nyj sajt meteorologicheskij informacii FGBU «VNIIGMI-MCD». – Obninsk. 2023. [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (data obrashcheniya: 20.09.2023).
 6. Oficial'nyj sajt meteorologicheskij informacii «Kazgidromet» [Elektronnyj resurs] / Respublikanskoe Gosudarstvennoe Predpriyatie «Kazgidromet». Elektron. dan. Astana, 2023. – URL: <http://www.kazhydromet.kz> (data obrashcheniya 20.09.2023)
 7. Popova N.B. Ocenka ekologo-geograficheskikh parametrov landshaftnyh provincij Zapadno-Sibirskogo severa/ N. B. Popova, N. L. Ryapolova // Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij). – 2017. – T. 22. – № 3. – S. 228–239.
 8. Ryapolova N.L. Usloviya formirovaniya resursov tepla i vlagi kak Osnovy funkcionirovaniya i ustojchivosti prirodnyh sistem Zapadno-Sibirskogo severa //Vestnik SGUGiT. – 2017. – T. 22. – № 2. – S. 271-281.
 9. Paromov V.V. Klimat Zapadnoj Sibiri v fazu zamedleniya potepleniya (1986-2015 gg.) i prognozirovanie gidroklimaticeskikh resursov na 2021-2030 gg / V.V. Paromov, V.A. Zemcov, S.G. Kopysov // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2017. – T. 328, № 1. – S. 62-74.
 10. Kopysov S.G. Hidrologo-klimaticheskie aspekty geoekologicheskikh problem Sibiri / S. G. Kopysov // Dinamika i vzaimodejstvie geosfer zemli: Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 100-letiyu podgotovki v Tomskom gosudarstvennom universitete specialistov v oblasti nauk o Zemle. V 3-h tomah, Tomsk, 08–12 noyabrya 2021 goda. Tom II. – Tomsk: Tomskij centr nauchno-tekhnicheskoy informacii, 2021. – S. 49-52.
 11. Mezenceva O.V. Glavnye gidrologicheskije rubezhi i polosa optimal'nogo uvlazhneniya Evrazii // Vestnik TyumGU. – 2009. – № 3. – S. 16–26.
 12. Mezenceva O. V. Ispol'zovanie meteorologicheskoy informacii dlya kolichestvennoj ocenki mestnyh vodnyh resursov maloizuchennyh territorij // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013. – № 10-12. – S. 2690-2694.
 13. Tusupbekov Zh.A. Rezhimy pochvennoj vlagi i deficyta uvlazhneniya territorii Severnogo Kazahstana / Zh.A. Tusupbekov, N.L. Ryapolova // Aktual'nye problemy prirodoobustrojstva, vodopol'zovaniya, agrohimii, pochvovedeniya i ekologii. Omsk, 18 aprelya 2019 g. – Omsk, 2019. – S. 67–73.
 14. Ryapolova N.L. Hidrologo-klimaticheskie resursy uvlazhneniya regionov dlya zashchity ot zatopeniya i podtopleniya / N.L. Ryapolova, Zh.A. Tusupbekov // Geologiya, geografiya i global'naya energiya. – 2021. – № 1(80). – S. 102-108.
 15. Belonenko G.V. Hidrologo-klimaticheskie usloviya formirovaniya i rezhima stoka rek Zapadnoj Sibiri / G. V. Belonenko, Zh. A. Tusupbekov // Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. – 2014. – № 4. – S. 94-97.
-
-