

ӘОЖ 551.524.3

ГТАМР 37.23.29

## ҚЫЗЫЛОРДА ОБЛЫСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ 1961...2020 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДА ӨЗГЕРУІ

Н.С. Абдолла<sup>1,2\*</sup>, А.С. Нысанбаева<sup>2</sup> *д.ғ.к.*, А.К. Әбдіразақ<sup>3</sup><sup>1</sup>«Қазгидромет» РМК, Астана, Қазақстан<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан<sup>3</sup>РМК «Қазақэроавиация», Астана, Қазақстан

E-mail: abdolla\_n@meteo.kz

Мақаланың мақсаты қазіргі уақытта климат өзгеруінің айқын көрсеткіштерінің бірі ауа температурасының динамикасын Қызылорда облысының мысалында талдау және аталған аумақта ауа температурасының ұзақ уақыт бойы өзгеру тенденцияларын анықтау болып табылады. Қазақстанның оңтүстік-батысында орналасқан, құрғақ климатымен ерекшеленетін және экологиялық апатты аумаққа кіретін Қызылорда облысындағы ауа температурасының өзгерістерін қарастыру осы бағытта жүргізілетін зерттеулердің маңыздылығын көрсетеді. Беріліп отырған жұмыста авторлар Манн–Кендаллдың параметрлік емес статистикалық әдісіне сүйене отырып, 1961...2020 жылдар аралығындағы ауа температурасының өзгерістерін зерттеді. Манн–Кендалл әдісі зерттелетін деректердің монотонды трендінің болуын анықтауда қолданылады. Сонымен қатар, уақыт қатарларын бағалау нәтижесінің дәлдігін арттыруға бағытталады және трендтің болуын анықтауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер Қызылорда облысының уақыттық қатарында температураның айтарлықтай өзгеруімен сипатталды. Таңдалған кезеңде Сен критерийі бойынша өзгерістерді бағалау барысында температураның орташа жылдық өзгерістері 0,02...0,05°C-қа артқаны атап өтілді. Маусымдық тенденциялар жыл бойы орташа температураның жоғарылауын көрсетті, ал көктем мен жаз айлары Қызылорда облысында байқалған жылынуға айтарлықтай үлес қосты. Зерттеу барысында алынған нәтижелер аймақтық климаттың өзгеруін бағалауға негіз бола алады. Себебі метеорологиялық параметрлер, атап айтқанда ауа температурасы Қызылорда облысы ауасының ластануын зерттеудегі маңызды көрсеткіштердің бірі болып табылады.

**Түйін сөздер:** Қызылорда облысы, ауа температурасы, климат өзгерісі, Сен критерийі, параметрлік емес Манн Кендалл сынағы

Қабылданды: 20.12.23

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-112-1-65-78

**КІРІСПЕ**

Климат динамикалық форма ретінде тарихи өткен кезеңде үнемі өзгеріп отырды, қазіргі уақытта да өзгеруде және болжамдарға сәйкес болашақта да өзгереді (NRC, 2020). Дегенмен, қазіргі климаттың бұрынғы климаттан айырмашылығы, атмосфераның төменгі қабатының жылынуына антропогендік әсерлердің көп қатысы бар (МГЭИК, 2014). Атмосфералық жылыну және климаттың өзгеруінің басқа аспектілерін көрсететін зерттеулер (MacKaу және Ко 2001; Kуган және Guo 2014; Alexander 2016) Орталық Азия аймағына ерекше назар аударып, жаһандық және аймақтық ауқымда кең ауқымда жүргізіле отырып, солтүстік жарты шардың ортаңғы ендіктері,

соңғы бірнеше онжылдықта жарты шардың басқа аймақтарына қарағанда жылдамырақ жылынғаны зерттеулер нәтижесінде белгілі болды (Santer және т.б., 2018). Жер бетіндегі температураның көтерілуі мен жауын-шашынның ықтимал азаюына байланысты Орталық Азияның онсыз да құрғақ жерлері ауқымды құрғақшылық кезеңдерін арттырды (de Beurs және т.б 2018).

Қазақстан аумағында да климаттың өзгеруі айқын көрініс тапты. Республика территориясында ауыл шаруашылығы, криосфера, қоршаған орта, денсаулық сақтау, су ресурстары, өнеркәсіп және инфрақұрылымды дамыту сияқты әртүрлі салаларда климаттың өзгеруі әсерінің

белгілерін әртүрлі белгілермен сипатталды (ЕЭК ООН 2019). Қазақстанның климатын ертерек зерттеуді алғашқы болып 19 ғасырдың екінші жартысында (1927 жыл) ғана Пономарев пен Борсук жүргізе бастады және алынған зерттеулер нәтижесінде Қазақстанда гидрометеорологиялық станциялардың сирек кездесетінін анықтады. Сонымен қатар, Өтешевтің редакциясымен (1959 ж.) Қазақстан климаты туралы алғашқы көлемді монографиялық зерттеу жарық көрді. Қазақстандағы жылдық, маусымдық және айлық температура тенденцияларын параметрлік емес статистикалық әдістерді қолдана отырып, 1970–2017 жылдар аралығын зерттеді (Faruq және т.б., 2021). Бұл ретте кейбір зерттеулер климаттық параметрлер (температура, жауын-шашын және жел) мен ауылшаруашылық дақылдарын (яғни бидай өндірісі) (UNDP 2013; Нысанбаева және т.б., 2019), табиғи өсімдіктер, шөлейттену, құрғақшылық өзгермеліліктерінің байланыстарына бағытталған (Сальников және т.б., 2014). Осы ретте, ауылдық жермен салыстырғанда температураның салыстырмалы түрде жоғарылауы (Argüeso және т.б., 2013) қалалар мен қала маңындағы аудандар арасында температура айырмашылығы бар екенін көрсетеді (Yamamoto және т.б., 2006). IPCC 2013 мәліметі бойынша, Қазақстанда температураның айтарлықтай жоғарылауы байқалды, бұл бірқатар экологиялық проблемаларға алып келді, олардың ішінде су тапшылығы мен су күйзелісі аса маңызды болып табылады. Елдегі бидай өндірісі мен экспортының негізгі аймағы болып табылатын республиканың солтүстік бөлігі жылу толқындары, топырақ ылғалдылығы, дала және орман зоналарының салқындауы салдарынан құрғақшылық сипатында бірнеше климаттық әсерге ұшырады (UNECE 2019). Далалық аумақта жылыну тенденциясы сақталатынын, ал құрғақшылық тенденциясы Арал маңындағы шөлдерде байқалатынын көрсетті (Russell және т.б., 2018). Метеорологиялық құрғақшылық елдің оңтүстік бөлігінде тұрақты құбылыс ретінде сипатталады (Dubovuk және т.б., 2019). Бірнеше зерттеулер Қазақстанның бүкіл аумағын (Salnikov және т.б., 2014; Russell және т.б., 2018) және Сырдария бассейні сияқты

басқа жергілікті табиғи аймақтарды қамтиды (Үао және Chen 2014). Өнеркәсіптік секторлары дамыған қазіргі Қазақстан аймақтық және салалық ауқымда экологиялық проблемаларға тап болып отыр (Т. Alimbaev және т.б., 2020). Қазақстанның ең ірі аймақтарының бірі – Қызылорда облысындағы экологиялық жағдай талқыланады. Осыған орай, XX ғасырдың аяғында Қызылорда облысының барлық дерлік өнеркәсіп орталықтары алаңдатарлық және күрделі экологиялық ахуалы бар аймақтар санатына енгізілгені маңызды. Жер шарындағы ең ірі экологиялық проблемалардың бірі – бұл күндері өте өткір болған Арал проблемасы. Аймақтың әлеуметтік-экономикалық және экологиялық жағдайы жергілікті халықты әлеуметтік қорғау шараларын заңнамалық тұрғыдан шешуді және құқықтық реттеуді талап етті. Қызылорда облысының барлық аудандары мен Қызылорда қаласы экологиялық апат аймағы деп жарияланды (Regional program for environmental protection, 2009). Аймақ үшін кеңістіктік және уақытша қол жетімді толық емес және тұрақсыздандырылған деректер жиынтығына байланысты зерттеулер шектелген және Қазақстан сияқты кең аумақты қамту үшін жерүсті бақылау станцияларының тығыз желісі қажет болады.

Зерттеудің мақсаты әртүрлі уақыт бағамында температураның кеңістіктік динамикасын, сондай-ақ құрғақшылық сияқты температураға сезімтал салаларды түсіну үшін пайдалы болады. Ауа температурасының айлық және маусымдық тенденциялары, әсіресе вегетациялық кезеңге сәйкес келетін салалар, егістіктің дамуы мен өнімділігі туралы маңызды ақпаратты бере алады және Қызылорда аймағы үшін қолайлы бейімделу стратегияларын ұсынуға көмектеседі. Зерттеу тақырыбы су ресурстарының тапшылығы және жаңбырлы егіншілік жағдайында, облыс аумағының ластануына әсер ететін метеорологиялық параметрлерді зерттеу барысында өте өзекті болып табылады. Осылайша, бұл зерттеудің негізгі міндеттері ауа температурасы өзгерістері мен тенденцияларының сипаты, шамасын, орташа уақыттық қатарын, сондай-ақ аталған параметрлердің базалық кезең мен ағымдағы кезең үшін айырмашылығын анықтау және бағалау болып табылады. Аталған міндеттерді

орындау барысында, жылдық, маусымдық және орташа айлық ауа температурасы тенденциялары есептеліп, параметрлік емес емес Манн-Кендалл статистикалық әдісті қолдану арқылы өзгерістері анықталды.

### ЗЕРТТЕУ АЙМАҒЫ

Қызылорда облысы Қазақстанның оңтүстік бөлігінде орналасқан. Шығысында және оңтүстік-шығысында Оңтүстік Қазақстанмен, солтүстігінде Қарағандымен, солтүстік-батысында Қазақстан Республикасының Ақтөбе облыстарымен, оңтүстігінде Өзбекстан Республикасымен шектеседі. 1938 жылы 15 қаңтарда құрылған. Ауданы бойынша облыс республикада төртінші орында. Әкімшілік орталығы – Қызылорда қаласы. Жер шарындағы ең ірі экологиялық апаттардың бірі – өте өткір болған Арал проблемасы Қызылорда аймағында орналасқандықтан облыстың барлық аудандары экологиялық апат аймағы деп жарияланды.

Облысаумағы Арал теңізінің шығысында Сырдария өзенінің төменгі ағысында, негізгі бөлігі Тұран ойпатында (биіктігі 50-200 м) орналасқан. Облыстың батысы Арал теңізімен іргелес, оңтүстік-шығысында Қаратау жотасының солтүстік-батыс сілемдері мен тау етегі жазықтары, солтүстік-батысында Арал Қарақұмының таулы құмдарының кең алқаптары бар. Сырдарияның сол жағалауында Жаңадария мен Қуандарияның құрғақ арналары арқылы кесілген Қызылқұмның қыратты-жоталы құмдарының кең кеңістігі бар. Оң жағалауында төбешіктер (Егізқара), құмды аймақтар (Арысқұм, т.б.), сортаңдар алып жатқан таяз алаптар бар. Солтүстігінде дөнес құм массивтері (кіші Борсық және Арал Қарақұмы) бар. Төтенше оңтүстік-шығыста Қаратау жотасының (биіктігі 1419 м дейін) солтүстік-батыс сілемдері облыс аумағына кіреді. Тұран ойпаты – шеткі шетінен орталыққа қарай біртіндеп төмен түсетін кең ойыс жазықта сазды жазықтармен қиылысатын бірқатар ірі құмды массивтер бар. Кейбір жерлерде шағын қалдық таулар (Қазақтау, Жетімтау және т.б.) кездеседі. Арал маңындағы Қарақұмдар Арал маңындағы құмды шөл. Арал теңізінің солтүстік-шығысында орналасқан, оңтүстігінде Сырдария өзенімен шектеседі. Шөл аумағының көп бөлігі Қызылорда облысының Арал және Қазалы аудандарының шегінде орналасқан.

Абсолютті биіктігі 100 м-ге дейін жететін Арал маңындағы Қарақұмдар толқынды-төбелі рельефпен сипатталады, оларда бекітілген түйнек құмдар басым, ал кейбір жерлерде барқыттар кездеседі. Сырдария және Сарысу жазықтары, аттас өзендердің бойында орналасқан, жазық және сазды жерлер.

Жалпы бұл белдеудің климаты жаздың ұзақ ыстықтығымен, осы ендіктер үшін суық қыспен, ауаның өте құрғақтығымен, аз бұлттылығымен, жыл бойына біркелкі таралмаған жауын-шашынның аздығымен және қар жамылғысының шамалы болуымен сипатталады. Бұл климаттық режим аймақтың Еуразия материгінің ішіндегі орналасуымен, оның оңтүстіктегі жағдайымен, атмосфералық циркуляцияның ерекшеліктерімен, жер асты бетінің сипатымен және басқа факторлармен анықталады. Континенттік климат метеорологиялық элементтердің үлкен ауытқуларында, олардың тәуліктік, айлық және жылдық циклдерінде көрінеді. Солтүстікке қарай ашықтық суық ауа массаларының аймаққа еркін еніп, әсіресе қыста кенеттен суытуына мүмкіндік береді. Жылына 100...190 мм-ден аспайтын жауын-шашын аз болатын аймақтың климатына тән құрғақшылық ерекшеліктердің бірі. Жауын шашын жыл мезгілдері бойынша біркелкі таралмаған, негізінен қыс пен көктемде болады, жалпы жауын-шашынның 60% құрайды. Облыстың барлық аумағында жиі және күшті желдер басым, орташа жылдық жылдамдығы 3,1 ден 6,0 м/с-қа дейін соғады. Қыста бұл желдер қар жамылғысын ұшырып, топырақтың терең тоңуына әкеліп соғады, ал жазда шаңды дауылдар байқалады. Негізінен облыстың барлық аумағы солтүстік-шығыс бағытта жиі және күшті желмен сипатталады. (Өтешов А.С., Қазақстан климаты).

### БАСТАПҚЫ ДЕРЕКТЕР МЕН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

*Метеорологиялық станцияларды таңдау.* Метеорологиялық станцияларды таңдау климаттың жалпы өзгеруін және белгілі бір аймақтың өзгермелілігін түсіну үшін өте маңызды. Таңдалған станциялардың таралуы кеңістіктік таралудың айқын бейнесін дұрыс түсіну үшін әрбір алдын ала анықталған климаттық аймақ пен биіктік белдеуі қамтылуы керек. Осыған ұқсас себептерге байланысты зерттелетін Қызылорда облысының аймағы

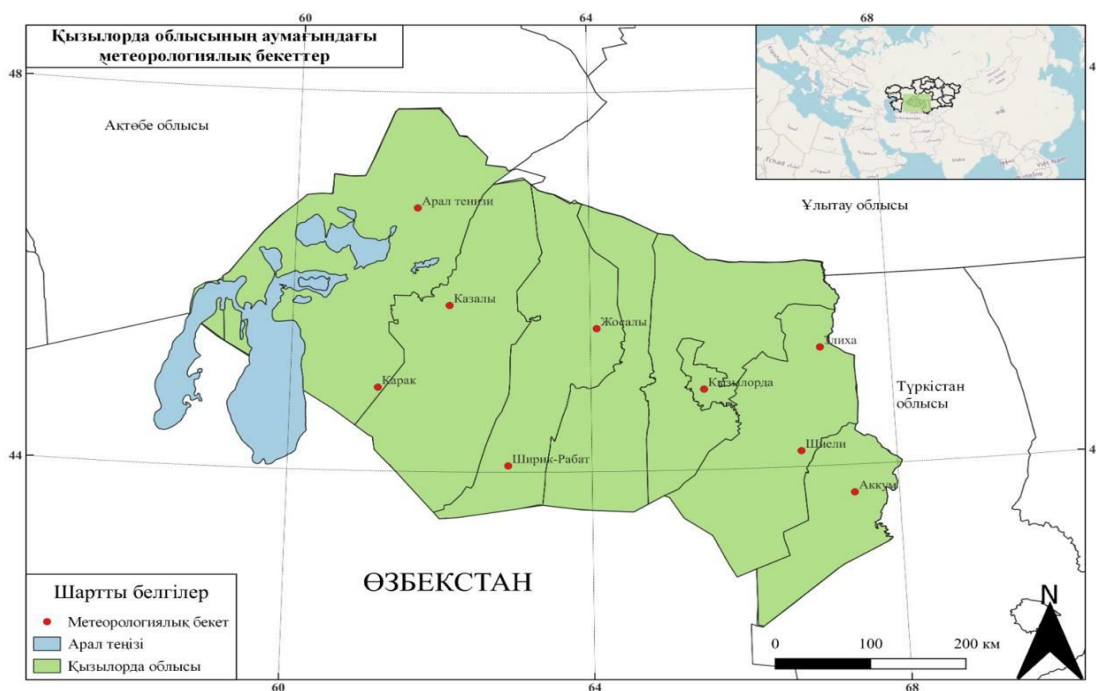
Қызылорда облысы аумағында орналасқан метеостанциялар

Тұран ойпаты				
Метеостанция	Синоптикалық индекс	Ендік	Бойлық	Теңіз деңгейінен биіктік
Арал теңізі	35746	46,8	61,65	52
Қазалы	35849	45,8	62,11	66
Жосалы	35953	45,5	64,09	99
Шірік-Рабат	38049	42,9	72,8	88
Қарак	38051	44,8	63,2	90
Жазық дала				
Злиха	35969	45,2	66,8	138
Қызылорда	38062	44,8	65,53	129
Шиелі	38069	44,2	66,73	151
Аққұм	38191	43,72	67,42	174

үшін де метеорологиялық станцияларды таңдау кезінде бірнеше факторлар ескерілді (1 кесте). Қызылорда облысының физикалық-географиялық орналасуына байланысты 2 аумаққа бөлініп, Тұран ойпатына кіретін – Арал теңізі, Қазалы, Қарак, Жосалы, Шірік-Рабат метеостанциялары және жазық далада орналасқан – Қызылорда, Шиелі, Злиха, Аққұм метеостанциялардың мәліметтері қарастырылды (сурет 1).

*Бастапқы деректер.* Бұл мақалада РМК «Қазгидромет» мемлекеттік гидрометеорологиялық қорының 1961...2020 жылдар аралығындағы ауа температурасының жылдық, мезгілдік, айлық мәліметтері пайдаланылады. Қызылорда облысы аумағындағы станциялар-

дың температура мен жауын-шашынның динамикасы қарастырылды. Екі кезең қатарынан облыстың орташа ауа температурасы сипаттамасына салыстырмалы талдау жүргізілді: 1961...1990 жж. және 1991...2020 жж. Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым анықтағандай, 30 жылдық кезеңдерде есептелген орташа климаттық көрсеткіштер: 1991 жылғы 1 қаңтардан 2020 жылғы 31 желтоқсанға дейінгі климаттық стандартты нормалар болып табылады. Белгілі бір уақыт аралығындағы ауа температурасы өзгеруін бағалау үшін ең кіші квадраттар әдісімен анықталатын сызықтық тренд коэффициенттері пайдаланылды.



Сур.1. Қызылорда облысында метеорологиялық станциялардың бөлініп орналасу карта-схемасы.

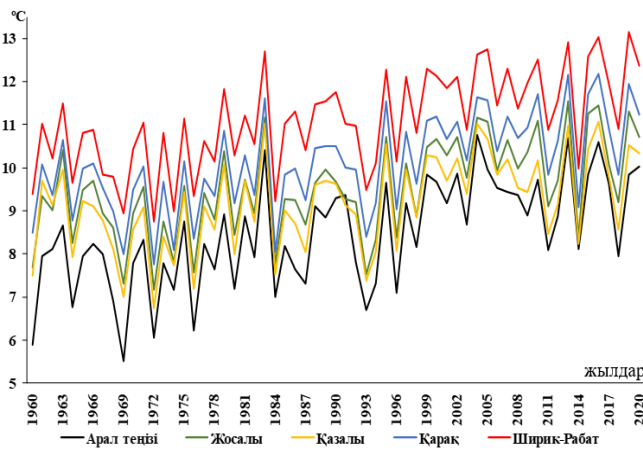


*Зерттеу әдісі.* Қазіргі климаттық өзгерістер температура параметрі бойынша монотонды өсу немесе төмендеу тенденциясының талдауы Манн-Кендалл статистикалық сынағы (Манн, 1945) көмегімен орындалды. Манн-Кендалл тесті берілген уақыт қатарының деректерінде кез келген өсу немесе кему үрдісін анықтайды. Нөлдік гипотеза (H0) белгіленеді, ол жоғары немесе төмендеу тенденциясының бар екендігін білдіретін альтернативті гипотезадан (H1) айырмашылығы деректерде монотонды тенденцияның жоқтығын білдіреді. Манн-Кендалл сынағы климаттық және гидрологиялық деректер сериясындағы монотонды үрдістерді анықтау үшін кеңінен қолданылады (Ғауқ I және т.б., 2016). Есептеу тұрғысында қолданылатын бұл сынақ түрі, R программалау тілінде жинақталған.

## НӘТИЖЕЛЕР МЕН ТАЛДАУ

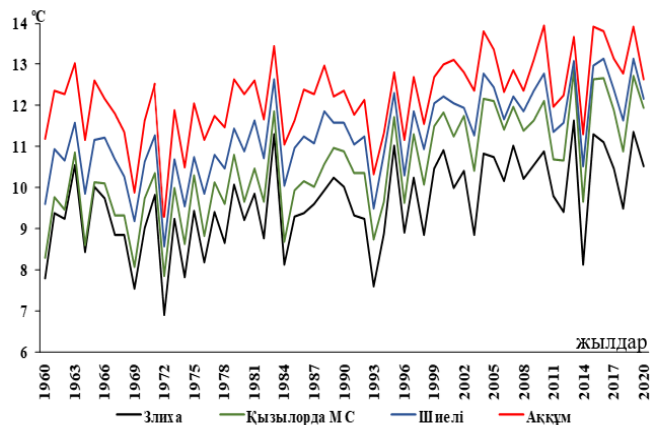
Температурадағы тенденциялар. Қазақстанның барлық облыстарының аумағында орташа жылдық ауа температурасының тұрақты жоғарылауы байқалады. Қазақстан аумағы бойынша орташа алғанда ауаның орташа жылдық температурасының жоғарылауы әр 10 жыл сайын  $0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$  құрайды (Қазақстан климатының өзгеру мониторингісінің жыл сайынғы бюллетені, 2021). Осы ретте, Қызылорда облысы бойынша орташа температураның көпжылдық тенденцияларын талдау үшін 1961 жылдан 2020 жылға дейін 60 жылдық уақыт шкаласы бар 9 метеостанция таңдалды. Температураның уақытша қатарын динамикалық талдау Қызылорда территориясында орташа жылдық температураның жоғарылауының елеулі өзгерісі байқалатынын көрсетті.

Тұран ойпаты



**Сур.2.** Тұран ойпаты бойынша ауа температурасының ( $^{\circ}\text{C}$ ) 1961...2020 жылдар аралығындағы таралу динамикасы

Жазық дала



**Сур.3.** Жазық дала бойынша ауа температурасының ( $^{\circ}\text{C}$ ) 1961...2020 жылдар аралығындағы таралу динамикасы

Қызылорда облысы бойынша ауа температурасы өзгеруінің динамикасы аумақты физикалық-географиялық аудандастыру арқылы көрсетілді. Тұран ойпатында орналасқан Арал теңізі, Қазалы, Жосалы, Шірік-Рабат, Қарақ МС-да 1961...2020 жж. кезеңі бойынша ауа температурасының әрбір 10 жыл сайын  $0,29...0,43\text{ }^{\circ}\text{C}$  аралығында өсуінде оң тенденция бақыланды (2-сурет).

Жазық дала бөлінісі бойынша орналасқан Аққұм, Злиха, Қызылорда, Шиелі МС-да ауа температура тенденциясының 10 жылда  $0,28...0,49\text{ }^{\circ}\text{C}$  оң мәні бақыланып, детерминация коэффициенті  $0,2...0,5$  аралығында болды (3 сурет, 2 кесте).

1960...1990 жж. және 1991...2020 жж.

кезеңіндегі орташа көпжылдық ауа температурасының айырмашылығы көрсетілді (3-кесте).

Ағымдағы 1991...2020 жж. кезеңде базалық 1961...1990 жж. кезеңіне қарағанда ауа температурасының өсуі анықталды: максималды мәні Арал теңізі МС-да  $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , минималды мәні Қазалы МС-да  $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Жылдың суық кезеңінде (қаңтар-наурыз) ауа температурасының өсуі  $1,03...2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , төмендеуі қараша және желтоқсан айларында  $0,003...0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  диапазонында болды. Жылдың жылы кезеңінде (сәуір-қазан) 1991...2020 жж., 1961...1990 жж. салыстырғанда ауа температурасының өсуі  $0,1...1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  бақыланып, тек қана шілде айында Қазалы МС-да минус  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  мәнімен төмендеуі анықталды (3 кесте).

2-кесте

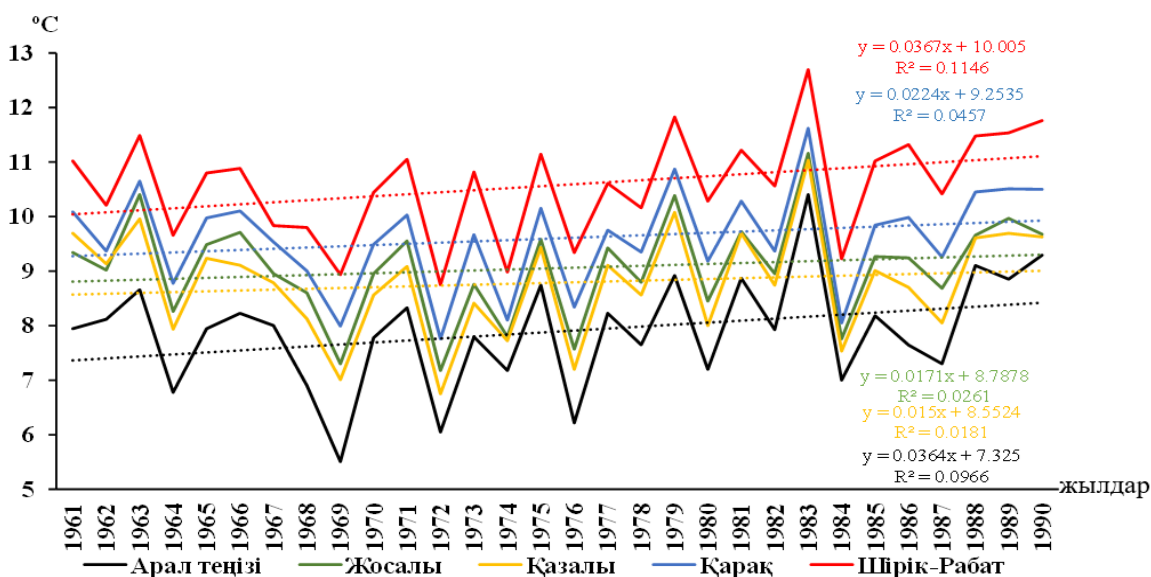
Қызылорда облысы аумағында орналасқан метеостанциялар

Метеостанциялар		Ауа температура тенденциялары	
		y	R <sup>2</sup>
<b>Тұран ойпаты</b>	Арал теңізі	$y = 0,0436x + 7,1124$	$R^2 = 0,3889$
	Қазалы	$y = 0,0293x + 8,2772$	$R^2 = 0,2326$
	Жосалы	$y = 0,0348x + 8,4374$	$R^2 = 0,3033$
	Шірік-Рабат	$y = 0,0392x + 9,8862$	$R^2 = 0,3838$
	Қарақ	$y = 0,0369x + 8,9692$	$R^2 = 0,3517$
<b>Жазық дала</b>	Злиха	$y = 0.0316x + 8.6433$	$R^2 = 0.2747$
	Қызылорда	$y = 0.0499x + 8.9608$	$R^2 = 0.5168$
	Шиелі	$y = 0.0383x + 10.109$	$R^2 = 0.4439$
	Аққұм	$y = 0.0282x + 11.365$	$R^2 = 0.2625$

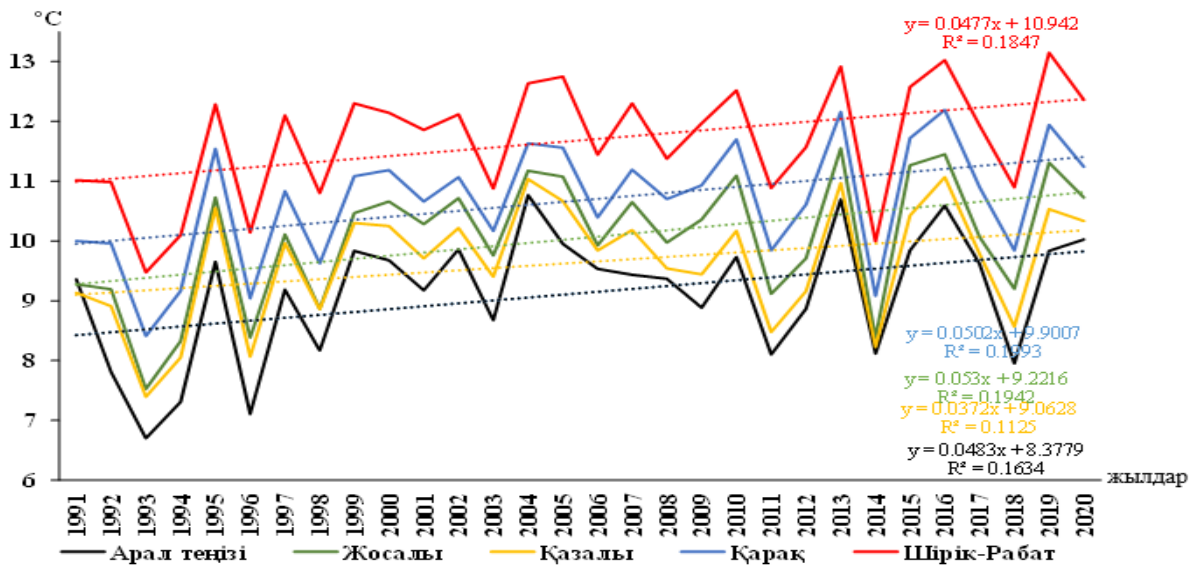
3-кесте

Тұран ойпаты метеостанциялары бойынша 1961...1990 жж. және 1991...2020 жж. кезеңіндегі орташа көпжылдық ауа температурасының айырмашылығы

Метеостанция	Кезең	Ай												Жыл
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Тұран ойпаты														
Арал Теңізі	1961-1990	-12	-12	-2,9	10,0	18,4	24,2	27,1	24,2	17,5	7,6	-0,2	-7,3	7,9
	1991-2020	-10,7	-9,4	0	11,8	19,7	25,8	27,7	25,7	18,1	9,2	-0,5	-7,9	9,1
	айырмашылық	1,3	2,6	2,9	1,9	1,3	1,6	0,6	1,5	0,6	1,6	-0,3	-0,6	1,2
Қазалы	1961-1990	-10,1	-9,9	-0,8	11,3	19,3	24,6	27,1	24,1	17,3	7,8	0,5	-5,9	8,8
	1991-2020	-8,9	-7,2	1,9	12,4	20,0	25,4	26,9	24,7	17,5	9,3	0,2	-6,5	9,6
	айырмашылық	1,1	2,7	2,7	1,1	0,6	0,8	-0,2	0,7	0,2	1,4	-0,3	-0,6	0,9
Қарақ	1961-1990	-9,1	-8,7	0,8	12,1	19,8	25,4	28,1	24,9	18,0	8,3	0,93	-5,2	9,6
	1991-2020	-7,8	-5,4	3,2	13,2	20,7	26,5	28,3	25,9	18,5	9,8	0,89	-5,6	10,7
	айырмашылық	1,3	3,2	2,5	1,1	0,9	1,1	0,2	1,0	0,5	1,5	-0,05	-0,4	1,1
Жосалы	1961-1990	-10,1	-10,1	-0,5	11,7	19,6	25,3	28,0	24,9	17,9	7,9	0,273	-6,1	9,1
	1991-2020	-9,1	-7,0	2,0	12,6	20,2	26,3	28,1	26,0	18,3	9,4	0,270	-6,6	10,0
	айырмашылық	1,0	3,1	2,6	0,9	0,6	1,0	0,1	1,0	0,5	1,5	-0,003	-0,5	1,0
Шірік-Рабат	1961-1990	-8,0	-7,0	2,2	12,9	20,5	26,2	28,8	25,8	18,7	9,1	1,8	-4,2	10,6
	1991-2020	-6,5	-4,0	4,5	14,0	21,5	27,4	29,4	27,1	19,4	10,5	1,5	-4,5	11,7
	айырмашылық	1,5	3,0	2,2	1,1	1,0	1,2	0,5	1,3	0,6	1,4	-0,3	-0,3	1,1



Сур.4. Тұран ойпатының 1961...1990 жж. кезеңіндегі ауа температурасының (°C) динамикасы



Сур.5. Тұран ойпатының 1991...2020 жж. кезеңіндегі ауа температурасының (°C) динамикасы

Тұран ойпатында орналасқан метеостанциялар үшін 1961...1990 жж. базалық кезеңінде ауа температурасы тенденциясы 10 жыл  $0,15...0,36^{\circ}\text{C}$  бақыланды. Ал, ағымдағы 1991...2020 жж. кезең үшін 10 жылда ауа температурасында  $0,37...0,53^{\circ}\text{C}$  мәнiмен неғұрлым оң тенденция байқалды.

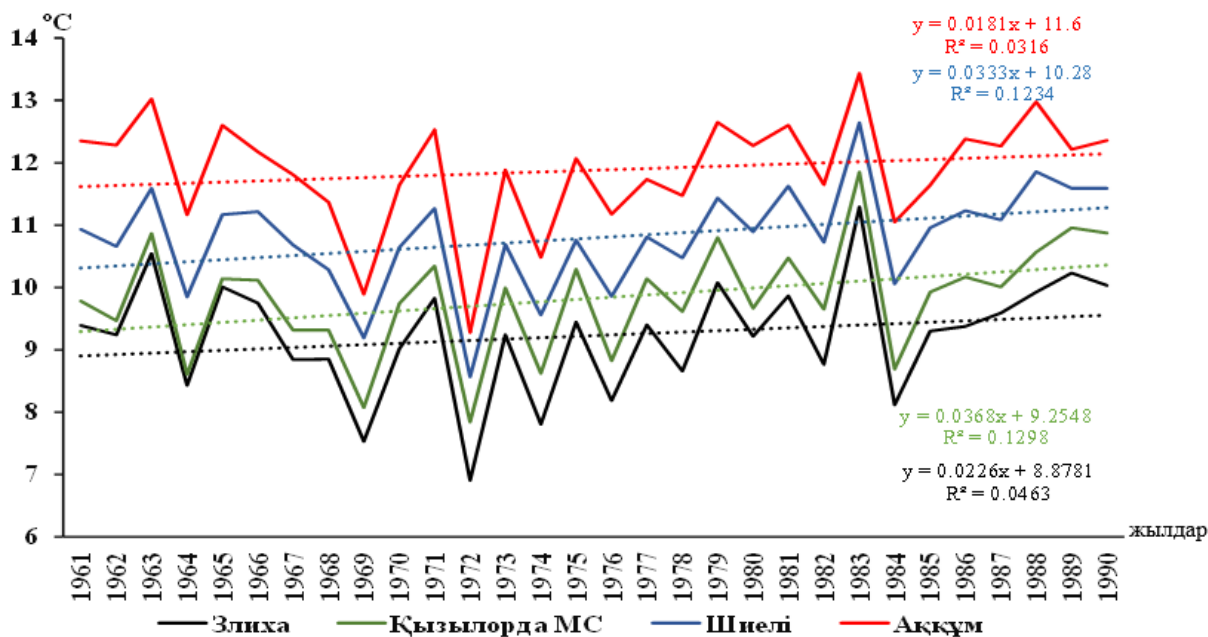
4-кесте

Жазық дала метеостанциялары бойынша 1961...1990 жж. және 1991...2020 жж. кезеңіндегі орташа көпжылдық ауа температурасының айырмашылығы

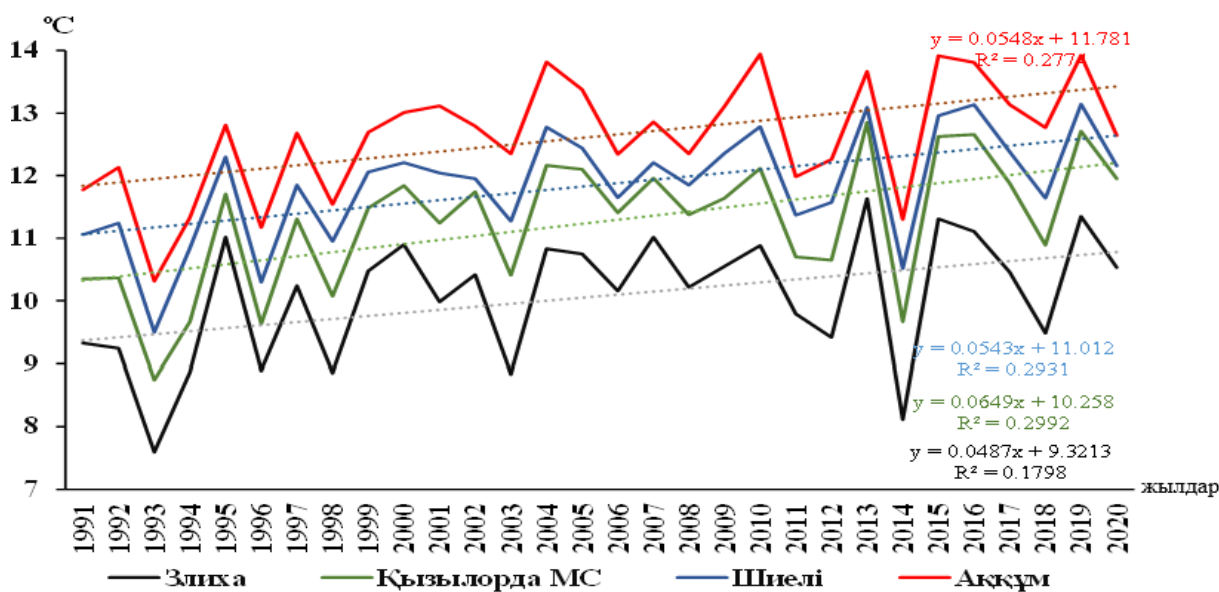
Метеостанция	Кезең	Ай												Жыл
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Жазық дала												
Қызылорда	1961-1990	-8,3	-7,6	1,3	12,6	20,0	25,3	27,5	24,4	17,9	8,6	1,2	-4,94	9,8
	1991-2020	-6,8	-4,6	4,0	13,9	21,1	26,7	28,3	26,2	19,0	10,6	1,7	-4,96	11,3
	айырмашылық	1,5	3,0	2,6	1,3	1,1	1,4	0,8	1,8	1,1	2,0	0,5	-0,02	1,4
Шиелі	1961-1990	-5,9	-4,2	3,9	13,6	20,0	24,8	26,7	23,8	17,8	9,3	2,7	-2,8	10,8
	1991-2020	-4,5	-2,0	5,8	14,4	21,0	25,9	27,2	25,2	18,6	11,0	2,8	-3,1	11,9
	айырмашылық	1,3	2,2	2,0	0,9	1,0	1,1	0,5	1,4	0,8	1,7	0,2	-0,3	1,1
Злиха	1961-1990	-9,9	-9,3	0,2	12,0	19,3	25,1	27,8	24,8	17,8	8,1	0,6	-5,9	9,2
	1991-2020	-8,4	-6,2	2,7	12,9	20,0	25,6	27,4	25,4	17,9	9,3	0,6	-6,2	10,1
	айырмашылық	1,5	3,0	2,4	0,8	0,7	0,5	-0,4	0,6	0,1	1,2	0,0	-0,4	0,8
Аққұм	1961-1990	-5,9	-3,5	5,1	14,2	20,8	26,5	28,9	26,3	19,4	10,1	3,1	-2,5	11,9
	1991-2020	-4,4	-1,4	6,7	14,7	21,5	27,0	28,8	26,9	19,9	11,4	3,2	-2,9	12,6
	айырмашылық	1,4	2,2	1,6	0,5	0,7	0,6	-0,04	0,6	0,5	1,3	0,1	-0,4	0,7

Жазық далада орналасқан МС-лар үшін ауа температурасының деректерінің базалық период (1961...1990) пен ағымдағы периодтың (1991...2020) айырмашылығы көрсетілді. 1991...2020 жж. кезеңде базалық 1961...1990 жж. кезеңіне қарағанда негізінен ауа температурасының максималды өзгерісі Қызылорда МС-да ( $1,4^{\circ}\text{C}$ ), мнималды өзгерісі Аққұм МС-да ( $0,7^{\circ}\text{C}$ ) анықталды. Ағымдағы кезеңнің

қаңтар-наурыз айларының аралығында ауа температурасының өсуі  $0,1...3,0^{\circ}\text{C}$ , төмендеуі желтоқсан айында  $0,02...0,4^{\circ}\text{C}$  диапазонында болды. Жылдың жылы кезеңінде (сәуір-қазан) 1991...2020жж., 1961...1990 жж. салыстырғанда ауа температурасының өсуі  $0,1...2,0^{\circ}\text{C}$  аралығында болды, тек қана шілде айында Злиха МС ( $-0,4^{\circ}\text{C}$ ) және Аққұм МС да ( $-0,04^{\circ}\text{C}$ ) төмендеуі бақыланды (4 кесте).



Сур.6. Жазық даланың 1961...1990 жж. кезеңіндегі ауа температурасының (°C) динамикасы



Сур.7. Жазық даланың 1991...2020 жж. кезеңіндегі ауа температурасының (°C) динамикасы

Жазық дала аумағында орналасқан метеостанциялар үшін 1961...1990 жж. базалық кезеңінде ауа температурасы тенденциясының  $0,18...0,36^{\circ}\text{C}/10$  жыл өсуі анықталды. Ағымдағы 1991...2020 жж. кезең үшін ауа температурасының өсу тенденциясы  $0,48...0,64^{\circ}\text{C}/10$  жыл құрады.

Манн-Кендалла сынағы бойынша қазіргі климаттық өзгерістер. Қызылорда облысы бойынша орташа температураның ұзақ мерзімді тенденцияларын талдау үшін 1961 жылдан 2020 жылға дейін 60 жылдық

уақыт шкаласы бар 9 метеостанция таңдалды. Температуралық уақыт қатарын талдау облыс аумағында орташа жылдық температураның жоғарылауының елеулі ( $p < 0,001$ ) тенденциясы бар екенін көрсетті. Мұны параметрлік емес Манн-Кендалл статистикалық сынағы растады және әрбір метеостанциядағы температуралық уақыт қатарларына жылдық орташа температура мен маусымдық орташа температурамен көрсетілетін тенденция бағытын анықтау үшін қолданылды.



5-кесте

1960...2020 жылдар аралығындағы Қызылорда облысының Тұран ойпатындағы метеостанциялар үшін жылдық және маусымдық температуралардың (°C-де) Манн – Кендалл статистикасы (Z мәндері)

Тұран ойпаты бойынша метеостанциялар															
Ай	Арал			Қазалы			Қарақ			Жосалы			Шірік-Рабат		
	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q
Қаңтар	1,42		0,046	1,10		0,036	1,76	+	0,056	1,49		0,048	1,98	*	0,063
Ақпан	1,78	+	0,065	1,87	+	0,063	2,19	*	0,075	2,00	*	0,074	1,82	+	0,075
Наурыз	2,73	**	0,089	2,72	**	0,083	2,76	**	0,079	2,72	**	0,084	2,70	**	0,071
Сәуір	2,97	**	0,054	2,22	*	0,033	2,25	*	0,033	1,69	+	0,028	1,98	*	0,033
Мамыр	3,35	***	0,048	2,05	*	0,025	2,67	**	0,034	1,98	*	0,025	3,27	**	0,041
Маусым	4,40	***	0,067	3,12	**	0,036	3,87	***	0,042	3,75	***	0,041	4,50	***	0,049
Шілде	2,91	**	0,040	1,12		0,014	2,16	*	0,023	1,62		0,018	3,47	***	0,037
Тамыз	4,04	***	0,052	2,58	**	0,026	3,33	***	0,036	3,62	***	0,038	4,36	***	0,044
Қыркүйек	2,22	*	0,022	1,11		0,009	2,46	*	0,024	2,37	*	0,023	2,91	**	0,029
Қазан	2,30	*	0,033	2,43	*	0,034	3,18	**	0,046	2,88	**	0,041	2,78	**	0,038
Қараша	-0,80		-0,013	-0,66		-0,013	-0,16		-0,004	-0,24		-0,005	-0,57		-0,011
Желтоқсан	-0,56		-0,016	-0,69		-0,016	-0,21		-0,006	0,00		0,000	-0,20		-0,005
Жылдық	4,76	***	0,041	3,50	***	0,027	4,57	***	0,037	4,15	***	0,035	4,79	***	0,039
Көктем	3,79	***	0,066	3,13	**	0,047	3,09	**	0,046	2,87	**	0,044	3,27	**	0,047
Жаз	5,73	***	0,050	3,27	**	0,024	4,57	***	0,033	4,49	***	0,032	5,59	***	0,043
Күз	1,50		0,015	1,35		0,013	2,30	*	0,024	2,03	*	0,021	1,99	*	0,022
Қыс	1,35		0,033	1,17		0,028	1,88	+	0,041	1,61		0,041	2,07	*	0,046

Ескерту: \* - 90 % қамтамасыз деңгейі, \*\* - 95 % қамтамасыз деңгейі, \*\*\* - 99,9 % қамтамасыз деңгейі

6-кесте

1960...2020 жылдар аралығындағы Қызылорда облысының жазық даладағы метеостанциялар үшін жылдық және маусымдық температуралардың (°C-де) Манн – Кендалл статистикасы (Z мәндері)

Жазық дала бойынша метеостанциялар												
Ай	Қызылорда			Злиха			Шиелі			Аққұм		
	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q	Test Z	Sign.	Q
Қаңтар	2,22	*	0,069	2,39	*	0,073	2,14	*	0,060	2,21	*	0,067
Ақпан	2,33	*	0,087	2,28	*	0,086	1,74	+	0,053	1,63		0,059
Наурыз	2,88	**	0,081	2,64	**	0,077	2,65	**	0,064	2,26	*	0,050
Сәуір	2,79	**	0,046	1,74	+	0,027	2,03	*	0,030	1,37		0,016
Мамыр	3,47	***	0,045	2,23	*	0,027	3,60	***	0,042	2,69	**	0,033
Маусым	4,98	***	0,054	2,21	*	0,021	4,45	***	0,044	2,53	*	0,025
Шілде	3,81	***	0,040	0,15		0,000	3,29	***	0,030	1,12		0,011
Тамыз	5,38	***	0,060	2,34	*	0,024	5,02	***	0,050	2,77	**	0,027
Қыркүйек	4,26	***	0,044	1,17		0,011	3,41	***	0,033	2,59	**	0,022
Қазан	3,99	***	0,059	2,47	*	0,033	3,37	***	0,050	2,48	*	0,037
Қараша	0,66		0,014	-0,15		-0,003	0,29		0,007	-0,17		-0,004
Желтоқсан	0,47		0,013	0,22		0,008	0,31		0,009	0,03		0,000
Жылдық	5,87	***	0,051	4,09	***	0,032	5,59	***	0,037	3,87	***	0,027
Көктем	3,50	***	0,057	2,77	**	0,042	3,36	***	0,043	2,68	**	0,031
Жаз	6,62	***	0,050	2,09	*	0,015	5,96	***	0,040	3,38	***	0,022
Күз	3,62	***	0,041	1,35		0,014	2,83	**	0,030	2,24	*	0,021
Қыс	2,47	*	0,049	2,42	*	0,049	1,76	+	0,033	1,69	+	0,034

Ескерту: \* - 90 % қамтамасыз деңгейі, \*\* - 95 % қамтамасыз деңгейі, \*\*\* - 99,9 % қамтамасыз деңгейі

Статистика көрсеткендей, орташа жылдық температура барлық станциялар үшін жоғарылау тенденциясы бар (оң Z мәндері). Қызылорда облысы аумағында орналасқан бірде бір метеостанцияда орташа жылдық температураның теріс үрдісі байқалмады. Кестелерде 9 метеостанция үшін орташа жылдық температура мен орташа маусымдық температура (көктем, жаз, күз және қыс) бойынша Манн – Кендалл статистикасы берілген (5-кесте, 6-кесте).

Облыс аумағындағы әр метеостанция үшін 60 жыл таңдалған уақыт кезеңінде температураның максималды мәні  $0,05\text{ C}$  өскенін көрсетті. Жылдық аралықта қарастырғанда, екі бөлініс аумағында орналасқан барлық метеостанцияларда ауа температурасының өте жоғары маңызды өзгерістер бақыланды: ең жоғары өзгерушілік Тұран ойпаты үшін Арал МС ( $0,04\text{ C}$ , қамтамасыз деңгейі 99,9%), жазық дала бойынша Қызылорда МС ( $0,05\text{ C}$ , қамтамасыз деңгейі 99,9%) анықталды. Маусымдық көрсеткіш бойынша барлық төрт мезгілге сәйкес орташа температураның өсу тенденциясы байқалды, әр түрлі таңдалған метеостанциялар үшін маңызды Z мәндерімен сипатталды. Станциялардың ең аз саны қысқы маусымда тіркелді, 7 метеостанция температураның елеулі тенденциясын көрсетті. Өзгерушілік маңыздылығы қыстан басқа барлық маусымдар үшін жоғары қамтамасыз деңгейіне ие болды: тек Тұран ойпатындағы Шірік Рабат МС (қамтамасыз деңгейі 90%) мен Қарақ МС ( $0,05\text{ C}$ , қамтамасыз деңгейі 90%), сондай-ақ, жазық далада орналасқан барлық 4 метеостанцияда  $0,06...0,07\text{ C}$  аралығында температура өзгеруінің маңыздылығы қаңтар айында бақыланды. Әр маусымда орташа температураның өзгеріс маңыздылығы әртүрлі болды. Көктемгі маусымда таңдалған 9 станция айтарлықтай тенденция көрсетті. Ең жоғары маңыздылық көрсеткіші Арал, Қызылорда, Шиелі метеостанцияларында (99,9% қамтамасыз деңгейі), Қазалы, Қарақ, Жосалы, Злиха, Аққұм метеостанцияларында (95% қамтамасыз деңгейі) бақыланды. Жазғы және күзгі маусымда да маңызды өзгерішіліктер анықталды, әсіресе едәуір өзгерістер жаз мезгілінде Тұран ойпатындағы Қазалы МС (95% қамтамасыз деңгейі) мен жазық далада орналасқан Злиха МС (қамтамасыз деңгейі 90%)

бөлек 7 метеостанцияда 99,9% қамтамасыз деңгейі байқалды. Күз мезгілінде ауа температурасының неғұрлым жоғары өзгеріс Қызылорда МС болды, Шиелі, Қарақ, Жосалы, Шірік Рабат, Аққұм МС бойынша маңызды өзгерістер бақыланды, Арал, Қазалы, Злиха МС-да өзгерістер орын алмады. Ауа температурасының ең төменгі маңызды өзгерістері қыста (90% қамтамасыз деңгейі) Тұран ойпатындағы кейбір метеостанцияларында (Қарақ, Шірік-Рабат МС), жазық даланың барлық метеостанцияларында сипатталды.

### ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл мақалада Қызылорда облысының территориясында соңғы уақытта байқалған ұзақ мерзімді температура тенденцияларын зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасалды:

1. Қызылорда аумағы бойынша зерттелген 60 жыл ішінде орташа жылдық температураның айтарлықтай өсу үрдісі байқалды. Таңдалған уақыттық кезеңінде ауа температурасының бірте-бірте 10 жылда  $0,2...0,89\text{ C}$  көтерілді деп сипаттауға болады.

2. Орташа жылдық температура мәндері бойынша максималды жылдық өсу көрсеткіші Қызылорда МС-да  $0,051\text{ C}$  құрады.

3. Барлық метеостанцияда төрт маусымға сәйкес орташа температураның өсу тенденциясы байқалды. Ауа температура өзгерістері көктем, жаз және күз мезгілдерінде маңызды сипатқа ие болып, Манн-Кендалл статистикасы бойынша айлардың көпшілігінде өсу тенденциясы (оң Z мәндері) байқалды.

4. Ауа температурасы жоғарылауының маңызды өзгерісі маусым және тамыз айларына сәйкес келді, сондай-ақ наурыз, мамыр, қыркүйек және қазан айлары бойынша өзгеріс үрдістері бақыланды. Сонымен қатар, суық кезеңнің қараша және желтоқсан айларында температураның біршама төмендеуі (теріс M K статистикасы) байқалды, бірақ өзгеру тенденциялар маңызды болмады.

5. Тұран ойпатындағы орналасқан метеостанциялар үшін ауа температурасының өте маңызды өзгерістері көктем, жаз айларында бақыланып, максималды температура жоғарылауы Арал МС ( $0,089\text{ C}$ ) бойынша наурыз айына сәйкес келді.

6. Жазық далада орналасқан метеостанцияларда ауа температурасының жоғарылауының маңызды өзгерістері көктем, жаз және күз айларында бақыланды. Қараша-желтоқсан айларын есептегенде Қызылорда мен Шиелі МС-да температура өсуінің статистикалық маңызды мәндері анықталды.

*Қаржыландыру. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (грант № BR18574227) қаржыландыруда.*

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- National Research Council (NRC) (2020) Climate change: evidence and causes: update 2020. The National Academies Press, Washington, DC
- МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 стр.
- MacKay R, Ko M (2001) An analysis of simulated and observed global mean near-surface air temperature anomalies from 1979 to 1999: trends and attribution of causes. *Chemosphere Glob Change Sci* 3(4):393–411. [https://doi.org/10.1016/s1465-9972\(01\)00020-4](https://doi.org/10.1016/s1465-9972(01)00020-4)
- Kogan F, Guo W (2014) Early twenty-first-century droughts during the warmest climate. *Geomat Nat Hazards Risk* 7(1):127–137. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.878399>
- Alexander L (2016) Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: a review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather Clim Extremes* 11:4–16.
- Santer BD, Stephen PC, Zelinka MD et al (2018) Human influence on the seasonal cycle of tropospheric temperature. *Science* 361:6399. <https://doi.org/10.1126/science.aas8806> (eaas8806)
- de Beurs K, Henebry G, Owsley B, Sokolik I (2018) Large scale climate oscillation impacts on temperature, precipitation and land surface phenology in Central Asia. *Environ Res Lett* 13(6):065018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac4d0>
- ЭК ООН (2019) Обзоры результативности экологической деятельности: Казахстан, 3 й обзор. ООН, Женева.
- Пономорев М.Д., Борсук В.Н. (1927) Климатический профиль Казахстана. Общества изучения Казахстана, Кызылорда.
- Утешов А.С.: Климат Казахстана, Ленинград: Гидрометеоиздат, 1959
- Faruq I, Shah AR, Salik KM, Ismail M (2021) Annual, seasonal and monthly trend analysis of temperature in Kazakhstan during 1970–2017 using non-parametric statistical methods and GIS technologies. *Earth Syst Environ* 5:575–595
- UNDP (2013) National Human Development Report 2008. Climate change and its impact on Kazakhstan's human development. Astana. <http://hdr.undp.org/en/content/climate-change-and-its-impact-kazakhstan%E2%80%99s-human-development>.
- Nyssonbayeva AS, Cherednichenko AV, Cherednichenko VS et al (2019) Bioclimatic conditions of the winter months in Western Kazakhstan and their dynamics in relation to climate change. *Int J Biometeorol* 63:659–669
- Salnikov V, Turulina G, Polyakova S et al (2014) Climate change in Kazakhstan during the past 70 years. *Quat Int* 358:77–82
- Argüeso D, Evans JP, Fita L et al (2013) Temperature response to future urbanization and climate change. *Clim Dyn* 42(7):2183–2199
- Yamamoto Y (2006) Measures to mitigate urban heat islands. *Sci Technol Trends Q Rev* 18(1):65–83
- IPCC (2013) Climate change 2013: the physical science basis. In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds) Contribution of Working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge
- Russell A, Ghalaieny M, Gazdiyeva B et al (2018) A spatial survey of environmental indicators for Kazakhstan: an examination of current conditions and future needs. *Int J Environ Res* 12(5):735–748
- Dubovyk O, Ghazaryan G, Gozalez J, Graw V, Low F, Schreier J (2019) Drought hazard in Kazakhstan in 2000–2016: a remote sensing perspective. *Environ Monit Assess* 191:510
- Yao J, Chen Y (2014) Trend analysis of temperature and precipitation in the Syr Darya Basin in Central Asia. *Theor Appl Climatol* 120(3–4):521–531
- Alimbaev, Zh. Mazhitova, B. Omarova, B. Kamzaev, K. Atanakova. Ecological problems of modern central Kazakhstan: challenges and possible solutions E3S Web of Conferences, 157, 1–8 (2020)
- T. Alimbaev, Zh. Mazhitova, B. Omarova, B. Kamzaev, K. Atanakova. Ecological problems of modern central Kazakhstan: challenges and possible solutions E3S Web of Conferences, 157, 1–8 (2020)
- Regional program for environmental protection of the Kyzylorda region for 2009–2011 Kyzylorda, 76 (2009)
- Mann HB (1945) Non parametric tests against trend. *Econometrica* 13:245–259
- Ezhegodnyi byulleten' monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2021 god. - Astana, 2022. - 76 s.

#### REFERENCES:

- National Research Council (NRC) (2020) Climate change: evidence and causes: update 2020. The National Academies Press, Washington, DC
- MGEIK, 2014: Izmenenie klimata, 2014 g.: Obobshchayushchii doklad. Vklad Rabochikh grupp I, II i III v Pyaty otsechnyy doklad Mezhpavitel'stvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [osnovnaya grupp avtorov, R.K. Pachauri i L.A. Meier (red.)]. MGEIK, Zheneva, Shveitsariya, 163 p.
- MacKay R, Ko M (2001) An analysis of simulated and observed global mean near-surface air temperature anomalies from 1979 to 1999: trends and attribution of causes.

4. Kogan F, Guo W (2014) Early twenty-first-century droughts during the warmest climate. *Geomat Nat Hazards Risk* 7(1):127–137. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.878399>
5. Alexander L (2016) Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: a review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather Clim Extremes* 11:4–16.
6. Santer BD, Stephen PC, Zelinka MD et al (2018) Human influence on the seasonal cycle of tropospheric temperature. *Science* 361:6399. <https://doi.org/10.1126/science.aas8806> (eas8806)
7. de Beurs K, Henebry G, Owsley B, Sokolik I (2018) Large scale climate oscillation impacts on temperature, precipitation and land surface phenology in Central Asia. *Environ Res Lett* 13(6):065018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac4d0>
8. ЕЕК ООН (2019) Обзор резултативности экологической деятельности: Казахстан, 3-й обзор. ООН, Женева.
9. Ponomarev M.D., Borsuk V.N. (1927) *Klimaticheskii profil' Kazakhstana. Obshchestvo izucheniya Kazakhstana, Kyzylorda.*
10. Uteshev A.S. *Klimat Kazakhstana, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1959*
11. Faruq I, Shah AR, Salik KM, Ismail M (2021) Annual, seasonal and monthly trend analysis of temperature in Kazakhstan during 1970–2017 using non-parametric statistical methods and GIS technologies. *Earth Syst Environ* 5:575–595
12. UNDP (2013) National Human Development Report 2008. Climate change and its impact on Kazakhstan's human development. Astana. <http://hdr.undp.org/en/content/climate-change-and-its-impact-kazakhstan%E2%80%99s-human-development>.
13. Nyssanbayeva AS, Cherednichenko AV, Cherednichenko VS et al (2019) Bioclimatic conditions of the winter months in Western Kazakhstan and their dynamics in relation to climate change. *Int J Biometeorol* 63:659–669
14. Salnikov V, Turulina G, Polyakova S et al (2014) Climate change in Kazakhstan during the past 70 years. *Quat Int* 358:77–82
15. Argüeso D, Evans JP, Fita L et al (2013) Temperature response to future urbanization and climate change. *Clim Dyn* 42(7):2183–2199
16. Yamamoto Y (2006) Measures to mitigate urban heat islands. *Sci Technol Trends Q Rev* 18(1):65–83
17. IPCC (2013) Climate change 2013: the physical science basis. In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds) Contribution of Working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge
18. Russell A, Ghalaieny M, Gazdiyeva B et al (2018) A spatial survey of environmental indicators for Kazakhstan: an examination of current conditions and future needs. *Int J Environ Res* 12(5):735–748
19. Dubovyk O, Ghazaryan G, Gozalez J, Graw V, Low F, Schreier J (2019) Drought hazard in Kazakhstan in 2000–2016: a remote sensing perspective. *Environ Monit Assess* 191:510
20. Yao J, Chen Y (2014) Trend analysis of temperature and precipitation in the Syr Darya Basin in Central Asia. *Theor Appl Climatol* 120(3–4):521–531
21. T. Alimbaev, Zh. Mazhitova, B. Omarova, B. Kamzaev, K. Atanakova. Ecological problems of modern central Kazakhstan: challenges and possible solutions E3S Web of Conferences, 157, 1–8 (2020)
22. Regional program for environmental protection of the Kyzylorda region for 2009–2011 Kyzylorda, 76 (2009)
23. Mann HB (1945) Non parametric tests against trend. *Econometrica* 13:245–259
24. *Ezhegodnyi byulleten' monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2021 god. - Astana, 2022. - 76 p.*

## ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА В ПЕРИОД 1961...2020 ГГ.

Н.С. Абдолла<sup>1,2\*</sup>, А.С. Нысанбаева<sup>2</sup> к.г.н., А.К. Әбдіразақ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>РГП «Казэроавиация», Астана, Казахстан

E-mail: [abdolla\\_n@meteo.kz](mailto:abdolla_n@meteo.kz)

Цель статьи – проанализировать динамику температуры воздуха, одного из наиболее очевидных индикаторов изменения климата, и определить долгосрочные тенденции изменения температуры воздуха в Кызылординской области. Кызылординская область расположена на юго-западе Казахстана, характеризуется засушливым климатом и относится к зоне экологического бедствия. В данной работе авторами были изучены изменения температуры воздуха в период с 1961 по 2020 год на основе непараметрического статистического метода Манн–Кендалла. Метод Манн–Кендалла используется для определения наличия монотонного тренда изучаемых данных. Тест Манн–Кендалла ориентирован на повышение точности результата оценки временных рядов и позволяет определить наличие тренда. Полученные результаты характеризуются значительным изменением температуры во временных рядах Кызылординской области. Отмечено, что за выбранный период, для оценки изменений по критерию Сена,



среднегодовые изменения температуры увеличились на 0,02...0,05°C. Сезонные тенденции показали повышение средних температур в течение года, а летние месяцы существенно способствовали потеплению, наблюдаемому в Кызылординской области. Полученные данные могут служить основой для оценки как регионального изменения климата так и для оценки экологического состояния, так как метеорологические параметры а именно температура воздуха является одной из важных показателей при изучении загрязнения атмосферного воздуха Кызылординской области.

**Ключевые слова:** температура воздуха, изменение климата, критерий Сена, непараметрический тест Манн–Кендалла

## AIR TEMPERATURE CHANGES IN KYZYLORDA REGION OF KAZAKHSTAN IN THE PERIOD 1961...2020

N.S. Abdolla<sup>1,2\*</sup>, A.S. Nyssanbayeva<sup>2</sup> candidate of geographical sciences, A.K. Abdirazak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>RSE «Kazaeronavigatsia», Astana, Kazakhstan

E-mail: abdolla\_n@meteo.kz

The purpose of the article is to analyze the dynamics of air temperature, one of the most obvious indicators of climate change, and to determine the long-term trends of air temperature change in Kyzylorda region. Kyzylorda region is located in the south-west of Kazakhstan, is characterized by arid climate and belongs to the zone of ecological disaster. In this paper, the authors studied the changes in air temperature in the period from 1961 to 2020 based on the nonparametric statistical method of Mann–Kendall. The Mann-Kendall method is used to determine whether there is a monotonic trend in the studied data. The Mann–Kendall test is aimed at increasing the accuracy of the result of time series estimation and allows to determine the presence of a trend. The obtained results are characterized by a significant change in temperature in time series of Kyzylorda region. It is noted that for the selected period, to assess changes in the criterion Sen, the average annual temperature changes increased by 0.02...0.05°C. Seasonal trends showed an increase in average temperatures during the year, and the summer months significantly contributed to the warming observed in Kyzylorda region. The obtained data can serve as a basis for assessing both regional climate change and for assessing the ecological state, as meteorological parameters, namely air temperature is one of the important indicators in the study of atmospheric air pollution in Kyzylorda region.

**Keywords:** air temperature, climate change, Sen's criterion, Mann–Kendall non-parametric test

**Авторлар туралы мәліметтер/Сведения об авторах/Information about authors:**

**Абдолла Назерке Сұңғатқызы** – жетекші инженер, Қазгидромет, РМК Ғылыми зерттеу орталығы, Климаттық зерттеулер басқармасы, Астана, Мәңгілік ел 11/1, abdolla2001n@gmail.com

**Нысанбаева Айман Сагынбаевна** – ғ.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, География және табиғатты пайдалану факультеті, Метеорология және гидрология кафедрасының меңгерушісі, Алматы, әл-Фараби 71, nyssaiman@mail.ru

**Әбдіразак Айжарық Кенжеқызы** – жетекші инженер-синоптик РМК Қазақэронавигация, ai.jarik-92@mail.ru

**Абдолла Назерке Сұңғатқызы** – ведущий инженер РГП Казгидромет, Научно-исследовательский центр, Управления Климатических исследований, Астана, Мәңгілік ел 11/1, abdolla2001n@gmail.com

**Нысанбаева Айман Сагынбаевна** – к.ғ.н., доцент, КазНУ имени аль-Фараби, Факультет географии и природопользования, заведующий кафедрой метеорологии и гидрологии, Алматы, аль-Фараби 71, nyssaiman@mail.ru

**Әбдіразак Айжарық Кенжеқызы** – ведущий инженер-синоптик РГП Казаэронавигация, ai.jarik-92@mail.ru

**Abdolla Nazerke** – leading engineer, RSE Kazhydromet, Scientific Research Center, Department of Climatic Research, Astana, Mangilik el 11/1, abdolla2001n@gmail.com

**Nysanbayeva Ayman** - Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi KazNU, Faculty of Geography and Nature Management, Head of the Department of Meteorology and Hydrology, Almaty, al-Farabi 71, nyssaiman@mail.ru

**Abdirazak Aizharyk** – RSE Kazaeronavigatsia, leading forecaster engineer, ai.jarik 92@mail.ru

**Авторлардың қосқан үлесі/ Вклад авторов/ Authors contribution:**

**Абдолла Назерке Сұңғатқызы** – тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік  
**Нысанбаева Айман Сагынбаевна** – статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, ресурстар  
**Әбдіразақ Айжарық Кенжеқызы** – бағдарламалық жасақтама жасау

**Абдолла Назерке Сұңғатқызы** – проведение статистического анализа, проведение исследования, ресурсы, подготовка и редактирование текста, визуализация  
**Нысанбаева Айман Сагынбаевна** – разработка концепции, разработка методологии  
**Әбдіразақ Айжарық Кенжеқызы** – создание программного обеспечения

**Abdolla Nazerke** – conducting statistical analysis, conducting a research, resources, preparing and editing the text, visualization  
**Nysanbayeva Ayman** - concept development, methodology development  
**Abdirazak Aizharyk** – creating software